



Escuela
Politécnica
Superior

El autoconsumo en los pequeños pueblos mediterráneos



Grado en Arquitectura Técnica

Trabajo Fin de Grado

Autor:
Adolfo Folgueral Bou

Tutor/es:
Ada García-Quismondo Cartes

Octubre 2017



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ÍNDICE GENERAL.

ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	11
3. MARCO TEÓRICO.....	14
3.1. <i>DIRECTIVAS EUROPEAS SOBRE EFICIENCIA Y AUTOCONSUMO</i>	14
3.1.1. DIRECTIVA 2009/28/CE.....	14
3.1.2. DIRECTIVA 2010/31/UE.....	15
3.1.3. EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO.....	18
3.2. <i>REAL DECRETO 900/2015 DE AUTOCONSUMO</i>	20
3.2.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.....	20
3.2.2. RESÚMEN DEL REAL DECRETO 900/2015.....	23
3.2.3. SENTENCIA 68/2017 DEL TRIBUNAL CONSTITUCIONAL.....	32
3.3. <i>INTEGRACIÓN DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS</i>	34
3.3.1. INTEGRACIÓN EN CUBIERTAS Y LUCERNARIOS.....	36
3.3.1.1. CUBIERTAS INCLINADAS:.....	37
3.3.1.2. CUBIERTAS PLANAS:.....	42
3.3.1.3. LUCERNARIOS:.....	43
3.3.2. INTEGRACIÓN EN FACHADAS.....	45
3.3.2.1. FACHADAS VENTILADAS:.....	47
3.3.2.2. MURO CORTINA:.....	49
4. JUSTIFICACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO:.....	52
5. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	56
5.1. <i>ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS</i> :.....	58
5.2. <i>SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE PLACAS</i> :.....	58

5.3.	SUPUESTO A: CÁLCULO DE PANELES FOTOVOLTAICOS NECESARIOS PARA UNA INSTALACIÓN AISLADA DE LA RED.	60
5.3.1.	SIMULACIÓN A.1: DEMANDA LINEAL E INSTALACIÓN DE ACS CON APOORTE SOLAR.	60
5.3.2.	SIMULACIÓN A.2: INSTALACIÓN DE ACS CON APOORTE SOLAR Y INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.	71
5.3.3.	SIMULACIÓN A.3: INSTALACIÓN DE ACS POR AEROTERMIA.	79
5.4.	SUPUESTO 2: CÁLCULO DE PANELES FOTOVOLTAICOS NECESARIOS PARA UNA INSTALACIÓN CONECTADA A LA RED.	88
5.4.1.	SIMULACIÓN B.1: DEMANDA LINEAL Y INSTALACIÓN DE ACS POR APOORTE SOLAR. SIMULACIÓN CON Y SIN BATERÍAS.	88
5.4.2.	SIMULACIÓN B.2: INSTALACIÓN ACS CON APOORTE SOLAR Y INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.	103
5.4.3.	SIMULACIÓN B.3: INSTALACIÓN DE ACS POR AEROTERMIA.	109
5.5.	TABLA RESÚMEN DE LAS SIMULACIONES.	115
6.	ESTIMACIÓN ECONÓMICA.	117
7.	CONCLUSIONES.	121
7.1.	CONCLUSIONES GENERALES	121
7.2.	CONCLUSIONES SOBRE LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES.	123
8.	BIBLIOGRAFÍA.	125
	ANEXO I: NORMATIVA DE REFERENCIA.	131
	ANEXO 2: FICHAS TÉCNICAS.	137
	ANEXO 3: CARGOS TRANSITORIOS APLICADOS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	142

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Integración de placas fotovoltaicas en una cubierta inclinada	39
Figura 2: Tejas solares fotovoltaicas “tegolasolare”	40
Figura 3: Tejas solares fotovoltaicas “TechTile”	41
Figura 4: Integración de placas solares fotovoltaicas en cubierta plana.....	43
Figura 5: Lucernario fotovoltaico en el mercado de San Antón, Madrid.....	45
Figura 6: Captadores solares de ACS en Quatretondeta (Alicante)	47
Figura 7: Fachada ventilada fotovoltaica del proyecto GENyO en Granada.	48
Figura 8: Detalle constructivo de muro cortina fotovoltaico.	50
Figura 9: Muro cortina fotovoltaico de la torre CIS de Manchester.	51
Figura 10: Perspectiva del pueblo de Sella.....	52
Figura 11: Calle tipo de Sella (Alicante)	53
Figura 12: Fachada principal de la vivienda objeto de estudio	54
Figura 13: Distancia mínima entre dos placas fotovoltaicas para no producir sombras.	59
Figura 14: Instalación de ACS mediante captadores solares.	61
Figura 15: Gráfica de energía media diaria producida con 16 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación.....	68
Figura 16: Gráfica de energía mensual producida con 16 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación.....	69
Figura 17: Distribución de las placas fotovoltaicas en cubierta para la simulación A.1.....	70
Figura 18: Evolución de temperaturas medias en la provincia de Alicante en el periodo 1971-2000.....	72
Figura 19: Gráfica de energía mensual producida con 16 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado.	76
Figura 20: Gráfica de energía mensual producida con 23 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado.	78
Figura 21: Distribución de las placas fotovoltaicas en cubierta para la simulación A.2.....	79
Figura 22: Gráfica de energía mensual producida con 16 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia	84
Figura 23: : Gráfica de energía mensual producida con 18 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia.	86
Figura 24: Distribución de las placas fotovoltaicas para el supuesto A.3.	87
Figura 25: Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red con baterías.	90
Figura 26: Gráfica de energía media diaria producida con 6 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red con baterías.	92
Figura 27: Gráfica de energía mensual producida con 6 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red con baterías.	93
Figura 28: Distribución de placas fotovoltaicas en cubierta para el supuesto B.1 con baterías.	95

Figura 29: Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red sin baterías.	97
Figura 30: Gráfica de energía media diaria producida con 4 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red sin baterías.	99
Figura 31: Gráfica de energía mensual producida con 4 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red sin baterías.	100
Figura 32: Distribución de placas fotovoltaicas en cubierta para el supuesto B.1 sin baterías.	102
Figura 33: Gráfica de energía mensual producida con 10 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado. Instalación conectada a la red.	105
Figura 34: Gráfica de energía mensual producida con 8 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado. Instalación conectada a la red.	107
Figura 35: Distribución de placas fotovoltaicas en cubierta para la simulación B.2.	109
Figura 36: Gráfica de energía mensual producida con 8 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia. Instalación conectada a la red.	111
Figura 37: Gráfica de energía mensual producida con 9 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia. Instalación conectada a la red.	113
Figura 38: Distribución de las placas fotovoltaicas en cubierta para la simulación B.3.	115

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Porcentaje máximo de pérdidas según pliego de condiciones técnicas del IDAE	35
Tabla 2: Datos eléctricos de la placa fotovoltaica policristalina TM P660265 del fabricante TAMESOL. ...	57
Tabla 3: Dimensiones de la placa fotovoltaica policristalina TM P660265 del fabricante TAMESOL.	59
Tabla 4: Estimación de demanda energética de una vivienda tipo en Sella (Alicante).	63
Tabla 5: Tabla de energía producida y radiación solar incidente para 1kWp de potencia.	64
Tabla 6: Energía producida y radiación solar incidente para 4,24 kWp de potencia (16 placas).	67
Tabla 7: Energía media diaria demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 4,24 kWp (16 placas).....	68
Tabla 8: Energía mensual demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 4,24 kWp (16 placas).	69
Tabla 9: Días de Junio a Septiembre de 2016 en los que la temperatura máxima exterior superó los 27°C. .	73
Tabla 10: Potencia mínima de refrigeración en función de los m ² de superficie a refrigerar.	73
Tabla 11: Demanda diaria y mensual sin contar rendimientos en kWh para una instalación de aire acondicionado	74
Tabla 12: Energía mensual necesaria en kWh para un aparato de aire acondicionado en Sella (Alicante) ..	75
Tabla 13: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado y producida con 4,24 kWp (16 placas).....	75
Tabla 14: Energía producida y radiación solar incidente para 6,095 kWp de potencia (23 placas).	77
Tabla 15: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado y producida con 6,095 kWp (23 placas).	77
Tabla 16: Demanda de l/d por persona en función del tipo de vivienda.	81
Tabla 17: Tabla consumo de energía en función del COP y la Tª ambiente exterior para la bomba de calor NUOS EVO 110 de la marca ARISTON.....	82
Tabla 18: Demanda total en una vivienda en Sella (Alicante) de electrodomésticos, iluminación y bomba de calor por aerotermia.	83
Tabla 19: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia y producida con 4,24 kWp (16 placas).	84
Tabla 20: : Energía producida y radiación solar incidente para 4,77 kWp de potencia (18 placas).....	85
Tabla 21: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia y producida con 4,77 kWp (18 placas).	86
Tabla 22: Estimación de demanda energética de una vivienda tipo en Sella (Alicante).	88
Tabla 23: Características de la instalación fotovoltaica con baterías para una demanda de electrodomésticos e iluminación de una vivienda en Sella (Alicante).	89
Tabla 24: Energía producida y radiación solar incidente para 1,59 kWp de potencia (6 placas).	91
Tabla 25: Energía media diaria demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 1,59 kWp (6 placas). Instalación conectada a la red con baterías.	92

Tabla 26: Energía media mensual demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 1,59 kWp (6 placas). Instalación conectada a la red con baterías.	93
Tabla 27: Energía producida y vertida a la red en kWh con 6 placas fotovoltaicas para cubrir demanda de electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red con baterías.	94
Tabla 28: Características de la instalación fotovoltaica sin baterías para una demanda de electrodomésticos e iluminación de una vivienda en Sella (Alicante).	96
Tabla 29: Energía producida y radiación solar incidente para 1,06 kWp de potencia (4 placas).	98
Tabla 30: Energía media diaria demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 1,06 kWp (4 placas). Instalación conectada a la red sin baterías.	98
Tabla 31: Energía mensual demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 1,06 kWp (4 placas). Instalación conectada a la red sin baterías.	99
Tabla 32: Energía producida y consumida de la red en kWh con 4 placas fotovoltaicas para cubrir demanda de electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red sin baterías.	101
Tabla 33: Demanda mensual de electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado para una vivienda en Sella (Alicante).	103
Tabla 34: Energía producida y radiación solar incidente para 2,65 kWp de potencia (10 placas).	104
Tabla 35: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado y producida con 2,65 kWp (10 placas). Instalación conectada a la red.	105
Tabla 36: Energía producida y radiación solar incidente para 2,12 kWp de potencia (8 placas).	106
Tabla 37: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado y energía diaria producida con 2,12 kWp (8 placas). Instalación conectada a la red.	107
Tabla 38: Energía producida y vertida a la red en kWh con 8 placas fotovoltaicas para cubrir demanda de electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado. Instalación conectada a la red.	108
Tabla 39: Demanda mensual de electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia para una vivienda en Sella (Alicante).	110
Tabla 40: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia y producida con 2,12 kWp (8 placas). Instalación conectada a la red.	111
Tabla 41: Energía producida y radiación solar incidente para 2,385 kWp de potencia (9 placas).	112
Tabla 42: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia y producida con 2,385 kWp (9 placas). Instalación conectada a la red.	113
Tabla 43: Energía producida y vertida a la red en kWh con 9 placas fotovoltaicas para cubrir demanda de electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado. Instalación conectada a la red.	114
Tabla 44: Tabla resumen de los datos obtenidos en las simulaciones	116

1. INTRODUCCIÓN.

La creciente amenaza del cambio climático, que cada día está más presente, ha llevado a muchos países, tanto de la Unión Europea como otras potencias mundiales, a tomar medidas a corto plazo al respecto para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Una de las medidas más importantes es la necesidad de aprovechar las energías renovables como es el sol, el viento o el agua para poder cumplir con los objetivos establecidos en el protocolo de Kyoto¹, aprobado en 1998, y que establecía objetivos obligatorios relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero para las principales economías mundiales que lo aceptaron.

Años más tarde, en la conferencia de París² sobre el clima, también conocida como el “Acuerdo de París”, celebrada en diciembre de 2015, se establecieron otras medidas de futuro (para finales de siglo) para reducir dichas emisiones. Los objetivos principales que acordaron los gobiernos de los 195 países presentes en este acuerdo son mantener el aumento de la temperatura media del planeta por debajo de los 2°C, limitándolo a 1,5°C para, de esta forma, reducir los riesgos y el impacto que causaría el cambio climático, y que las emisiones globales máximas se alcancen cuanto antes para aplicar, posteriormente, rápidas reducciones basándose en los mejores criterios científicos de los que se dispone. Estos acuerdos, hacen ver la necesidad de apostar fuertemente por las energías renovables como mecanismo fundamental, entre otros, para reducir al máximo las emisiones de CO₂ en todos los ámbitos, no solo en el ámbito de la edificación.

En España hay una diferencia de orografía y de clima en función de la zona en la que se está situado, pudiéndose realizar un buen aprovechamiento tanto de la energía solar, eólica o hidráulica.

En lo que a energía fotovoltaica se refiere, España es uno de los países europeos que más radiación solar anual recibe y por tanto se puede obtener un rendimiento muy elevado con este tipo de energía. De hecho, hasta hace un tiempo, España era uno de los países pioneros en este tipo de tecnología, pero con el paso de los años se ha ido estancando y ha visto

¹ Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

² Acuerdo de París de la convención marco sobre el cambio climático de las naciones unidas, disponible en <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>

como otros países con menos radiación solar tienen mucha más potencia fotovoltaica instalada.

La página web energías renovables³, publicó en un artículo de abril de 2017, algunos datos relevantes que aparecen en el informe “Snapshot of Global Photovoltaic Markets 2016⁴” de la IEA (International Energy Agency). En ese informe se destaca el crecimiento del mercado fotovoltaico a nivel global, con una potencia fotovoltaica que ha superado los 300 GW, de los cuales únicamente 0,05 GW corresponden a España. Es una cifra muy pobre si se compara con otros países con menos radiación solar como Reino Unido y Alemania, que instalaron 2 y 1,5 GW respectivamente y que da a entender de forma objetiva, la situación fotovoltaica actual en España.

Muchas han sido las causas que han motivado a que en España no se potencie la energía solar fotovoltaica, entre ellas, la aprobación del actual Real Decreto 900/2015⁵ de autoconsumo. Entre las restricciones que presenta la actual normativa se encuentran la aplicación de un cargo por potencia instalada, cargo por potencia autoconsumida y que no se pueden vender los excesos de producción a la red eléctrica.

La gran mayoría de la potencia fotovoltaica instalada en España proviene de los llamados huertos solares, que son propiedad de grandes empresas y que normalmente están instalados en grandes terrenos llanos donde apenas tienen pérdidas debido a las sombras, por lo que el aprovechamiento es máximo. En las zonas urbanas, las instalaciones fotovoltaicas suelen integrarse en grandes edificios situados en grandes ciudades, ofreciendo soluciones muy estéticas desde el exterior y sin generar impacto ambiental. Estas soluciones están bastante desarrolladas y es común observarlas en los edificios nuevos o de nueva construcción donde se ha elaborado un proyecto al respecto.

³ Página web para informar sobre la actualidad de las energías renovables, disponible en <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/el-mundo-ya-tiene-instalados-mas-de-20170425>

⁴ Informe de la Agencia Internacional de la Energía sobre los datos de crecimiento fotovoltaico global en 2016, disponible en http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2016__1_.pdf

⁵ Real Decreto 900/2015 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo, disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2015/10/10/pdfs/BOE-A-2015-10927.pdf>

Pero estas soluciones únicamente están desarrolladas en las grandes ciudades. En los pueblos más pequeños las instalaciones fotovoltaicas no son comunes en el casco urbano y suelen encontrarse en zonas rurales aisladas de la red eléctrica donde su integración no supone un impacto ambiental importante, ya que muchas veces la instalación está formada por unas pocas placas.

Dentro del ámbito territorial es en la zona sur y sureste de España donde más radiación solar se recibe, siendo esta última zona la zona con mayor insolación superándose los 5 kWh/m². La zona del sureste de la península se caracteriza por su clima mediterráneo y su paisaje montañoso donde predominan la gran cantidad de días de sol, la escasez de lluvias y la falta de vientos constantes. Es por ello que en esta zona en concreto es donde hay más necesidad de aprovechar la energía solar para autoconsumo eléctrico.

La falta de lluvias y de vientos, unidos a la irregular orografía del terreno con constantes altibajos es por lo que en esta zona no se apuesta tanto por la energía eólica o la hidráulica. La energía eólica se aprovecha en lugares llanos donde las rachas de viento son más constantes como en Castilla la Mancha, donde se observan una gran cantidad de molinos de viento, mientras que la energía hidráulica se aprovecha más en zonas más lluviosas y donde hay menos radiación solar, como la zona del cantábrico.

La energía solar fotovoltaica es el futuro inmediato a corto plazo y la Generalitat Valenciana junto con el IVACE⁶(Institut Valencià de Competitivitat Empresarial) actualmente la está promocionando para lograr introducirla y que se vea como algo general en todos los sectores de la economía. Los factores que han llevado a apostar a corto plazo por la energía solar fotovoltaica son:

- El elevado nivel de radiación solar con más de 3000 horas de Sol al año, que hacen que sea una de las zonas con más radiación solar de Europa.
- La gran cantidad de cubiertas industriales con capacidad para albergar instalaciones fotovoltaicas debido al modelo de desarrollo industrial basado en PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas).
- La gran capacidad de la red de distribución eléctrica.

⁶ Programa de ayudas para el autoconsumo, “autoconsumo e⁺”, disponible en <http://autoconsumo.ivace.es/>

- La gran cantidad de ofertas de empresas relacionadas con la energía solar fotovoltaica.

Pero la necesidad de incorporar el autoconsumo a las viviendas no solo se debe reflejar en las grandes ciudades ni en las fábricas. En la zona sureste de la península hay gran cantidad de poblaciones pequeñas donde también es muy necesario el autoconsumo eléctrico. Los pueblos pequeños de interior se caracterizan por tener un paisaje montañoso, por lo que la mayoría presentan una morfología urbana con fuertes pendientes y calles estrechas. La tipología característica de vivienda es la vivienda unifamiliar entre medianeras generalmente de planta baja y dos plantas piso con cubierta inclinada.

En los núcleos urbanos de estos pueblos, la integración resulta difícil debido a una serie de factores como el impacto ambiental, la antigüedad de muchas de las viviendas y la gran cantidad de personas mayores que habitan durante todo el año y que están menos concienciadas al respecto. Las pocas instalaciones fotovoltaicas existentes en núcleos urbanos pequeños están conectadas a la red y corresponden a viviendas de nueva planta que se sitúan en las afueras, observándose en algunos casos algunas placas aisladas en cubierta, pero que únicamente cubren una pequeña cantidad de las necesidades energéticas de las viviendas.

Actualmente, se están empezando a desarrollar soluciones de integración de placas fotovoltaicas en las viviendas existentes para reducir el impacto ambiental que generan. Es por esto, que cabe la necesidad de estudiar en estos pequeños pueblos, diferentes posibilidades de autoconsumo para abastecer las demandas eléctricas de las viviendas y, además, que las instalaciones queden bien integradas para mantener las esencias de los pueblos.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.

El siguiente trabajo tiene como objetivo general realizar un estudio comparativo de las diferentes posibilidades de autoconsumo existentes mediante energía fotovoltaica y su integración para aplicarlas a la tipología de vivienda de pueblo mediterráneo para cubrir la demanda eléctrica existente. De esta forma se contribuye a la mejora de la eficiencia energética de las viviendas y a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera para ayudar a conseguir los objetivos establecidos en el protocolo de Kyoto y en el acuerdo de París, no solo en grandes edificios sino también en otro tipo de viviendas como la de pueblo mediterráneo.

Así mismo se plantean una serie de objetivos específicos:

Para conocer un poco mejor la necesidad del autoconsumo eléctrico, en primer lugar, se analiza el contexto normativo europeo y español relativo al autoconsumo, así como las necesidades actuales y los planes de futuro en cuanto al empleo de fuentes de energía renovables.

En la realización de este estudio, se han analizado las diferentes formas de integración fotovoltaica en los edificios y su posible aplicación a la tipología de vivienda de pueblo mediterráneo analizando la viabilidad de estas soluciones.

Con esto se han realizado varios supuestos de dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para cubrir la demanda de una vivienda tipo. Lo que se pretende en este dimensionamiento es observar, para una vivienda tipo, la potencia fotovoltaica necesaria, tanto para una instalación aislada como conectada a la red, y ver cómo sería la distribución de placas en la cubierta y el espacio que ocupan.

Para la consecución de esos objetivos, en primer lugar, se ha realizado una búsqueda y análisis de las fuentes normativas, tanto normas como manuales especializados. Las fuentes empleadas han sido:

- Normativas estatales y directivas europeas.

- Manuales y pliegos de prescripciones técnicas del IDAE⁷(Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía).
- Bibliografía y simulador para calcular instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red elaborado por la Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía⁸ (EnerAgen).
- Base de datos PV-GIS⁹ para estimar la potencia fotovoltaica en elaborada por el Instituto para la Energía y el Transporte (IET) de la Comisión Europea (European Commision).
- Fichas técnicas de los fabricantes.
- Resumen de normativas de webs como Unión Española Fotovoltaica¹⁰ (UNEF) o Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización¹¹ (AFEC).

A través del análisis de estas fuentes se han determinado los distintos supuestos de instalación de autoconsumo a estudiar. Estos supuestos se detallan en capítulo 5, cálculos de la instalación fotovoltaica.

En segundo lugar, se ha realizado un estudio de campo para seleccionar cuál era el modelo de vivienda adecuado para realizar las simulaciones. Este trabajo de campo se realizó en el municipio de Sella (Alicante), que corresponde a la tipología de pueblo mediterráneo de montaña. La justificación de la vivienda seleccionada, así como la descripción de la misma se detallan en el capítulo 4, justificación del objeto de estudio.

Por último, se ha realizado un pequeño estudio económico de las instalaciones seleccionadas conforme a las actuales condiciones de tasas e impuestos establecidos por la normativa vigente.

⁷ Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDAE, disponible en http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf

⁸ Calculador de una instalación fotovoltaica conectada a la red proporcionado por EnerAgen (Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía), disponible en <http://www.autoconsumoaldetalle.es/calculador-su-instalacion/>

⁹ Calculador fotovoltaico del Instituto de la energía y el transporte (IET), disponible en <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe>

¹⁰ Página web de la Unión Española Fotovoltaica, una asociación sectorial que agrupa el 85% de las empresas del sector, disponible en <https://unef.es/que-es-unef/>

¹¹ Página web de la Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización, encargada de la representación, gestión y defensa de los intereses profesionales del sector de la climatización, disponible en <http://www.afec.es/es/afec-objetivos.asp>

A la vista de todo lo anterior, se han extraído una serie de conclusiones sobre la conveniencia, viabilidad y facilidad o dificultad de realizar instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo en viviendas con tipología habitual en casco urbano de los pueblos mediterráneos.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. DIRECTIVAS EUROPEAS SOBRE EFICIENCIA Y AUTOCONSUMO.

Para tener un mejor conocimiento de donde proviene la normativa de autoconsumo y cuáles son sus objetivos, conviene mencionar y tener presentes las dos directivas europeas sobre las que asienta su base esta normativa. Las directivas europeas que han impulsado el fomento de las energías renovables y a la mejora de la eficiencia energética en los edificios han sido la Directiva 2009/28/CE¹² y la Directiva 2010/31/UE¹³. En esta última normativa aparece el concepto de edificio de consumo de energía casi nulo o edificio nZEB (Nearly Zero Energy Building) cuya aplicación cambiará muchos procedimientos de construcción, diseño y gestión de la edificación por lo que los agentes constructivos tendrán que reinventarse para cumplir con las exigencias normativas. Es el objetivo principal al que se pretende llegar en un corto periodo de tiempo.

3.1.1. DIRECTIVA 2009/28/CE.

La directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE, tiene 97 consideraciones siendo las más destacadas las siguientes:

- *“(5) Con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad y disminuir su dependencia con respecto a las importaciones energéticas, el desarrollo de las energías procedentes de fuentes renovables debe vincularse estrechamente al aumento de la eficiencia energética”.*

¹² Directiva relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, disponible en <https://www.boe.es/doue/2009/140/L00016-00062.pdf>

¹³ Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios, disponible en <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>

- *“(13) Habida cuenta de las opiniones expresadas por el Parlamento Europeo, el Consejo y la Comisión, conviene definir como objetivos obligatorios nacionales alcanzar una cuota del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía y una cuota del 10% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de combustibles para el transporte en la Comunidad para 2020”.*
- *“(17) La mejora de la eficiencia energética es un objetivo clave de la Comunidad cuya finalidad es lograr una mejora del 20% en la eficiencia energética hasta 2020...”*

Con estas consideraciones la directiva establece un marco común para fomentar el uso de las energías renovables. Se fijan una serie de objetivos nacionales obligatorios para cada uno de los estados miembros de la comunidad europea en relación con la cuota de energía procedente de fuentes renovables en el transporte. Se establecen normas relativas a las transferencias estadísticas entre Estados miembros, los proyectos conjuntos entre Estados miembros y con terceros países, las garantías de origen, los procedimientos administrativos, la información y la formación, y el acceso a la red eléctrica para la energía procedente de fuentes renovables, y se definen criterios de sostenibilidad para los biocarburantes y biolíquidos.

Como definición importante cabe destacar la definición de energía procedente de fuentes renovables, que en la directiva se define como: *“la energía procedente de fuentes renovables no fósiles, es decir, energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica y oceánica, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás”.*

3.1.2. DIRECTIVA 2010/31/UE.

La Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios modifica a la directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia

energética de los edificios y procede a su refundición. Como consideraciones más importantes cabe destacar las siguientes:

- *“(3) El 40% del consumo total de energía en la Unión corresponde a los edificios (...) Por ello, la reducción del consumo de energía y el uso de energía procedente de fuentes renovables en el sector de la edificación constituyen una parte importante de las medidas necesarias para reducir la dependencia energética de la Unión y las emisiones de gases de efecto invernadero.”*
- Las medidas adoptadas para reducir el consumo energético de la Unión Europea ayudándose de un mayor consumo de energías renovables permitirá cumplir con el protocolo de Kyoto que tiene como objetivos:
 - Reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero.
 - Aumentar un 20% la eficiencia energética de los edificios.
 - Que el 20% del consumo energético provenga de fuentes de energía renovables.
- *“(7) Es necesario instaurar acciones más concretas con el fin de aprovechar el gran potencial de ahorro de energía aún sin realizar en los edificios y reducir las grandes diferencias que existen entre Estados miembros en este sector.”*
- *“(10) Es responsabilidad exclusiva de los Estados miembros establecer requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos (...)”.*
- *“(15) Los edificios tienen una incidencia en el consumo de energía a largo plazo. Dado el largo ciclo de renovación de los objetivos existentes, los edificios nuevos y los edificios existentes que son objeto de reformas importantes deben cumplir unos requisitos mínimos de eficiencia energética adaptados a las condiciones climáticas locales (...)”.*
- *“(17) Se necesitan medidas que aumenten el número de edificios que no solo cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética actualmente vigentes, sino que también sean más eficientes energéticamente al reducir tanto el consumo energético como las emisiones de dióxido de carbono. A tal efecto los Estados miembros deben elaborar planes nacionales para aumentar el*

número de edificios de consumo de energía casi nulo, y deben comunicar dichos planes a la Comisión periódicamente.”

- *“(22) Al posible comprador o arrendatario de un edificio o de alguna unidad de un edificio se le debe dar, en el certificado de eficiencia energética, información correcta acerca de su eficiencia energética, así como consejos prácticos de cómo mejorarla. (...)”.*
- *“(24) Los edificios ocupados por las autoridades públicas y los frecuentados habitualmente por el público deben constituir un ejemplo de que los factores medioambientales y energéticos se tienen en cuenta y, en consecuencia, tales edificios deben ser objeto periódicamente de certificación energética. (...)”.*

Como objetivo general de esta directiva está el fomentar e incentivar la eficiencia energética de los edificios de la Unión Europea, teniendo en cuenta factores como la climatología exterior, las particularidades de cada sitio, las exigencias interiores de confort y su rentabilidad. Además, establece requisitos en relación con:

- *“a) el marco común general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios o de unidades del edificio.”*
- La aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de:
 - Edificios nuevos o partes nuevas del edificio.
 - Edificios, partes y elementos de los propios existentes en el que se lleven a cabo reformas importantes.
 - Elementos constructivos que integren la envolvente del edificio.
 - Instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen o se modifiquen.
- *“d) los planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo”*
- *“e) la certificación energética de los edificios o de unidades del edificio”.*
- *“f) la inspección periódica de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado de edificios”.*
- *“g) los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección”.*

Se debe tener en cuenta que los objetivos y requisitos establecidos en esta directiva son requisitos mínimos, por lo que cabe la posibilidad de que cada estado miembro de la Unión Europea establezca medidas más estrictas.

Como definición más relevante, la cual se desarrollará un poco más, está la definición de edificio de consumo de energía casi nulo, que en la directiva se define como: *“edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto (...). La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”*.

3.1.3. EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO.

Como se establece en la Directiva 2010/31/UE, el objetivo final para mejorar la eficiencia energética de los edificios y reducir el consumo de gases de efecto invernadero, es que antes del 31 de diciembre de 2018, todos los edificios de titularidad pública y, antes del 31 de 2020, todos los edificios de titularidad privada, de nueva planta, tienen que ser edificios de consumo de energía casi nulo o nZEB.

A partir de la definición redactada en la Directiva 2010/31/UE de edificios nZEB, cada uno de los países miembros de la Unión Europea tiene que ser responsable de redactar una definición más detallada y de las aplicaciones finales que se llevan a cabo para lograrlo.

En España este concepto está definido en el R.D 235/2013¹⁴ en la disposición adicional segunda, según la redacción dada por el artículo primero del R.D 564/2017¹⁵, que en su punto 3 dice *“Los requisitos mínimos que deben satisfacer esos edificios serán los que en cada momento se determinen en el Código Técnico de la Edificación”*. Por otro lado, otros

¹⁴ Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, disponible en <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-3904>

¹⁵ Real Decreto 564/2017, de 2 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, disponible en https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-6350

países como Alemania o Reino Unido, sí tienen una definición y unos objetivos concretos para poder alcanzar los objetivos mínimos establecidos.

En España, los parámetros concretos para considerar que un edificio sea de consumo de energía casi nulo están previstos que lleguen con la reforma del CTE (Código Técnico de la Edificación) en 2018 pero cuya aprobación definitiva no se producirá hasta el año siguiente, por lo que difícilmente se cumplan los objetivos establecidos en la Directiva 2010/31/CE.

Para poder lograr que un edificio sea de consumo de energía casi nulo, éstos deben de estar diseñados para que tengan una demanda energética muy reducida. Esto se consigue aplicando soluciones de diseño pasivo como fachadas ventiladas o mejoras en las carpinterías exteriores, para reducir el uso de la calefacción en invierno y el aire acondicionado en verano. Y, por otra parte, la energía consumida en estos edificios debe provenir de fuentes de energía renovables como energía eólica, hidráulica, fotovoltaica o geotérmica.

Como referencia de la importancia que tendrá el autoconsumo a partir de 2020, la Recomendación (UE) 2016/1318 de la Comisión Europea de 29 de julio de 2016¹⁶ establece en el apartado 4.1 como valor de referencia para viviendas unifamiliares situadas en zonas mediterráneas un aporte de energías renovables in situ del 77% de la energía primaria que necesita la vivienda: *“Vivienda unifamiliar nueva: 0-15 kWh/ (m²/año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-65 kWh/ (m²/año) cubierto por 50 kWh/(m²/año) procedentes de fuentes renovables in situ”*.

Una de las fuentes de energía renovables más aprovechables en España es la energía fotovoltaica, cuya actual normativa de autoconsumo se aprobó en 2015 y cuya función, es la de garantizar un desarrollo ordenado del autoconsumo para garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto, para, de esta forma, ayudar a lograr los objetivos establecidos en la Directiva 2010/31/UE. A continuación, se van a resumir de forma objetiva los aspectos más destacados de este Real Decreto de autoconsumo.

¹⁶ Recomendación (UE) 2016/1318 de la comisión de 29 de julio de 2016 sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores prácticas para garantizar que antes de que finalice 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo, disponible en <https://www.boe.es/doue/2016/208/L00046-00057.pdf>

3.2. REAL DECRETO 900/2015 DE AUTOCONSUMO.

3.2.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.

El Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo está elaborado a partir de las líneas generales establecidas en la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Esta directiva, en lo referente a energía fotovoltaica establece lo siguiente:

- Los estados miembros garantizarán que los operadores de los sistemas de transporte y distribución dentro de su territorio garanticen el transporte y distribución de electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables.
- Darán prioridad o acceso garantizado a la red de electricidad generada a partir de energías renovables.
- Velarán para que los operadores de los sistemas de transporte den prioridad a las instalaciones de generación que utilicen fuentes de energía renovables con criterios transparentes y no discriminatorios.

Como antecedentes normativos cabe destacar los siguientes:

- Se añade del Real Decreto 1699/2011, la disposición adicional segunda referente a la obligación de regular el suministro de la energía eléctrica producida en el interior de la red de un consumidor para su propio consumo.
- El Real Decreto-ley 19/2012, de 30 de marzo, modifica algunos puntos de la antigua Ley 54/1997:
 - En concreto, dentro de lo relacionado con el Real Decreto 900/2015, esta ley modifica las definiciones de productor y consumidor establecidas en el artículo 9 de la ley 54/1997.
 - En la ley 54/1997, en el artículo 9.a) se define productor como *“aquellas personas físicas o jurídicas que tienen la función de*

generar energía eléctrica, así como las de construir, operar y mantener las centrales de producción". En el Real Decreto-ley 13/2012, se modifica añadiendo que los productores son *"personas físicas o jurídicas, ya sea para consumo propio o para terceros"*. También añade que *"En ningún caso tendrán la condición de productores los consumidores acogidos a las modalidades singulares de suministro..."*

- En el apartado g) del artículo 9 de la ley 54/1997 se define el concepto de distribuidores, que en el Real Decreto-ley 13/2012 queda modificado al concepto de consumidores que son *"Las personas físicas o jurídicas que compran energía para su propio consumo"*.
- El Real Decreto-ley 9/2013, crea en el Ministerio de industria, energía y turismo (MINETUR) un registro administrativo de los usuarios que se acojan a cualquier modalidad de autoconsumo de energía eléctrica que contendrá la información relativa a los consumidores y a sus instalaciones asociadas.
- La Ley 24/2013, define en su artículo 9 el concepto de autoconsumo como *"el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor"*. En este artículo se establecen varias modalidades de autoconsumo, cuyas condiciones administrativas, técnicas y económicas se establecen en el Real Decreto 900/2015. Cabe destacar que la modalidad de suministro d) queda reservada para futuras tecnologías, aunque tendrá que cumplir lo establecido en éste Real Decreto. Por tanto, estas modalidades son:
 - a) Modalidades de suministro con autoconsumo: Cuando se dispone de una instalación de generación para el autoconsumo y no está dada de alta en el registro como instalación de producción. Únicamente se utiliza el autoconsumo para consumo propio.
 - b) Modalidades de producción con autoconsumo: Cuando dicha instalación de generación sí está dada de alta.

- c) Modalidades de producción con autoconsumo de un consumidor conectado a través de una línea directa de una instalación de producción: Igual que la modalidad b) pero que estuviera conectada a una línea directa.
- d) Otras modalidades de generación de energía eléctrica.

Tanto en las modalidades b) y c), el autoconsumo se utiliza para consumo propio y como producción de energía para venderla.

- El artículo 9.3 de dicha ley establece que todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán que contribuir a los costes y servicios del sistema cuando la instalación de generación esté conectada a la red, de forma que tendrán que pagar los mismos peajes de acceso a las redes de transporte y distribución, los cargos asociados y costes de los servicios de respaldo que el resto de consumidores, y serán abonados por el uso general que realizan, tanto por la potencia contratada como por la energía medida en el punto frontera asociado.

Las motivaciones que han provocado la redacción de ésta normativa son:

- Un esquema de generación tradicional: Hasta ahora el autoconsumo se había caracterizado por tener un esquema centralizado, unidireccional y complementado con medidas incentivas y control sobre la demanda.
- El desarrollo de la generación distribuida: La aparición de nuevos conceptos, desarrollos y sistemas de generación y control en los últimos años permitirá la evolución de este modelo hacia otro donde la generación de electricidad se integre en la red para mejorar la eficiencia en la producción y la gestión.
- Controlar el impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico: La generación distribuida presenta beneficios para el sistema, fundamentalmente en lo relativo a la reducción de pérdidas en la red cuando los generadores estén cerca de los puntos de consumo y reduzcan los flujos de energía por la red. Pero, sin embargo, esto no reduce los costes de mantenimiento de las redes de transporte y distribución ni otros costes del sistema eléctrico, lo que en algunos casos provoca, costes de inversión adicionales en las redes.

El objetivo es avanzar hacia un sistema de generación distribuida mediante mecanismos de venta de excedentes y autoconsumo instantáneo para potenciar la producción individual de energía en instalaciones de pequeña potencia, para el consumo en la misma ubicación.

El Real Decreto 900/2015 está estructurado en 25 artículos, 10 disposiciones adicionales, 10 disposiciones transitorias, 1 disposición derogatoria y 7 disposiciones finales. En el siguiente apartado se resumen las partes de la norma que afectan directamente a la producción y autoconsumo en las viviendas.

3.2.2. RESÚMEN DEL REAL DECRETO 900/2015

El Real Decreto 900/2015, tiene como principal objetivo definir las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de autoconsumo a), b) y c) de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la ley 24/2013 y explicadas anteriormente. Estas condiciones se aplicarán en aquellas instalaciones conectadas al interior de una red, aunque no tengan que recurrir a dicha red en ningún instante. En la aplicación del Real Decreto se exceptuarán las instalaciones aisladas de la red eléctrica y los grupos de generación que solo se utilicen en caso de fallo en la línea eléctrica.

Antes de analizarlo, es conveniente tener en cuenta las definiciones que aparecen en el artículo 3 de éste Real Decreto y que se definirán textualmente:

- Autoconsumo horario: *“Consumo horario neto de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o de un productor con el que se comparten instalaciones de conexión a la red o conectados a través de una línea directa”*.

- Consumidor asociado: *“Consumidor en un punto de suministro o instalación que comparte infraestructuras de conexión con la red de transporte o distribución con un productor o que está unido a éste por una línea directa o que tiene conectada en su red interior una instalación de producción inscrita en el Registro administrativo de instalaciones de producción, consuma o no energía procedente de dicha instalación”*.
- Consumo horario de servicios auxiliares: *“Saldo neto horario de energía eléctrica consumida por los servicios auxiliares de generación medido en el equipo de medida de la generación neta”*.
- Demanda: *“Energía eléctrica recibida de la red de transporte o distribución”*.
- Demanda horaria: *“Saldo neto horario de energía eléctrica recibida de la red de transporte o distribución”*.
- Demanda horaria del consumidor asociado: *“Saldo neto horario de energía eléctrica recibida de la red de transporte o distribución no destinada al consumo de los servicios auxiliares de la instalación de producción”*.
- Energía eléctrica excedentaria: *“Energía eléctrica generada en la red interior de un consumidor o por un productor que comparte instalaciones de conexión a la red con un consumidor o por un productor unido mediante una línea directa con un consumidor y vertida a las redes de transporte y distribución”*.
- Energía horaria consumida: *“Energía horaria neta total consumida por el consumidor asociado a una instalación de producción”*.
- Energía horaria neta generada: *“Energía bruta generada menos la consumida por los servicios auxiliares en un periodo horario”*.
- Instalación aislada: *“Aquella en la que no existe en ningún momento capacidad física de conexión eléctrica con la red de transporte o distribución ni directa ni indirectamente a través de una instalación propia o ajena. Las instalaciones desconectadas de la red mediante dispositivos interruptores o equivalentes no se considerarán aisladas a los efectos de aplicación de este real decreto”*.
- Instalación conectada a la red: *“Aquella instalación de generación conectada en el interior de una red de un consumidor, que comparte infraestructuras de*

conexión a la red con un consumidor o que esté unida a éste a través de una línea directa y que tenga o pueda tener, en algún momento, conexión eléctrica con la red de transporte o distribución”.

- Línea directa: *“Líneas que tengan por objeto el enlace directo de una instalación de producción con un consumidor y que cumpla los requisitos establecidos en la normativa”.*
- Potencia de aplicación de cargos: *“Potencia requerida por la instalación del consumidor en un periodo tarifario”.*
- Potencia instalada: Según el artículo 3 del Real Decreto 413/2014: *“En el caso de instalaciones fotovoltaicas, la potencia instalada será la suma de las potencias máximas unitarias de los módulos fotovoltaicos que configuran dicha instalación, medidas en condiciones estándar según la norma UNE correspondiente”.*
- Red interior: *“Instalación eléctrica formada por los conductores, aparataje y equipos necesarios para dar servicio a una instalación receptora que no pertenece a la red de distribución”.*
- Vertido horario: *“Saldo neto horario de energía eléctrica generada por una instalación de generación conectada a la red interior de un consumidor y vertida al sistema eléctrico”.*

El artículo 4 de éste Real Decreto define dos modalidades de autoconsumo que se detallarán a continuación con sus requisitos generales que aparecen en el artículo 5:

- Modalidad de autoconsumo tipo 1: Serán las pertenecientes a la modalidad de autoconsumo del artículo 9.1 a) de la ley 24/2013. Sus particularidades son:
 - Que la potencia contratada sea menor o igual a 100 kW.
 - Que la suma de las potencias de generación instaladas sea menor o igual a la potencia contratada por el consumidor.
 - Que las instalaciones de generación y el punto de suministro cumplan los requisitos que se establecen en el Real Decreto 1699/2011.

- Es el mismo titular el del punto de suministro que el de todos los generadores conectados a su red. En el caso de que hubiera una instalación de generación comunitaria, no podría haber un único titular para toda la comunidad de vecinos.
- Modalidad de autoconsumo tipo 2: Serán las pertenecientes a la modalidad de autoconsumo 9.1 b) y 9.1 c) de la ley 24/2013 y tendrá las siguientes características:
 - La suma de potencias de generación instaladas será menor o igual a la potencia contratada por el consumidor.
 - Mismo titular cuando existan varias instalaciones de producción.
 - Las instalaciones de producción deberán cumplir con los requisitos establecidos en el Real Decreto 1955/2000, el Real Decreto 1699/2011 y el Real Decreto 413/2014.

Para ambas modalidades de autoconsumo, cuando se haya manipulado el equipo de medida o exista peligro en dichas instalaciones, la compañía suministradora podrá cortar el suministro de electricidad.

En ambas modalidades de autoconsumo podrán instalarse elementos de acumulación (baterías), siempre y cuando estén protegidas adecuadamente y que compartan equipo de medida de la energía generada. Además, se tiene que solicitar a la empresa distribuidora o transportista, aunque no se vierta energía a la red.

En lo referente al procedimiento de conexión y acceso a las modalidades de autoconsumo establecido en el artículo 7, cabe destacar lo siguiente:

- Autoconsumo tipo 1:
 - Si la potencia instalada es menor o igual a 10 kW y cuentan con un dispositivo que vierte energía instantánea a la red de distribución, no pagarán los estudios de acceso y conexión y de los derechos de acometida especificados en el artículo 30 del Real Decreto 1048/2013 y que se explicarán a continuación:
 - Pagos por estudios de acceso a la red de distribución: Lo que reciben los gestores de la red de distribución por la realización de los estudios de acceso de las empresas generadoras a la red.

- Pagos por estudios de conexión a la red de distribución: Lo que recibe la empresa titular de la red por la realización de los estudios de conexión de las empresas generadoras.
 - Será de aplicación el procedimiento de conexión y acceso del capítulo 2 del Real Decreto 1699/2011.
- Autoconsumo tipo 2:
 - Instalaciones de producción con potencia menor o igual a 100 kW: La conexión y el acceso se regulan por el capítulo 2 del Real Decreto 1699/2011.
 - Resto de instalaciones de producción (potencia > 100 kW): La conexión se regula por el Real Decreto 1955/2000.
 - Líneas directas: artículo 42 de la ley 24/2013.

El artículo 8 habla de los contratos de acceso en las modalidades de autoconsumo. Se explica que en ambas modalidades se debe suscribir un contrato de acceso con la empresa distribuidora o comercializadora o modificar el existente.

- Modalidad de autoconsumo tipo 2: El titular de una instalación de producción deberá suscribir un contrato de acceso para sus servicios auxiliares. Si se formaliza un contrato de acceso conjunto entre los servicios auxiliares y el propio consumo han de cumplir lo siguiente:
 - Instalaciones de producción de aplicación para el Real Decreto 1699/2011.
 - Que la suma de potencias instaladas sea menor o igual a 100 kW.
 - Que consumidor y titulares sean la misma persona.
 - Disponer de configuración de medida establecida en el artículo 13.2 b).
 - Equipo de medida bidireccional que registre la energía neta generada de la instalación de generación.
 - Equipo de medida bidireccional independiente en el punto frontera de la instalación.
 - Equipo de medida que registre la energía consumida total por el consumidor asociado (opcional).

- Que el tiempo de permanencia sea mayor o igual a 1 año desde la fecha de alta o modificación de contrato.
- Será de aplicación, aunque no se vierta energía a la red.

El artículo 9 habla sobre el peaje de acceso a las redes, que solo se aplica en la modalidad de autoconsumo tipo 2. Éste peaje deberán abonarlo los titulares de las instalaciones de producción por el vertido horario realizado a la red, según lo establecido en el Real Decreto 1544/2011.

El artículo 11 establece los requisitos de medida de las instalaciones acogidas a las modalidades de autoconsumo y son los siguientes:

- Se regulará por el Reglamento unificado de puntos de medida aprobado por el Real Decreto 1110/2007.
- Se instalarán en la red interior lo más cerca posible del punto frontera con capacidad de medida horaria.
- No se podrá intercalar ningún elemento de consumo entre la instalación de generación y el equipo de medida (contador).
- En la modalidad de autoconsumo tipo 1 el encargado de la lectura será el distribuidor.
- Cuando no se disponga de una medida clara, se aplicará lo dispuesto en el artículo 31 del Real Decreto 1110/2007.

Los requisitos particulares para cada una de las modalidades de autoconsumo se recogen en los artículos 12 y 13 respectivamente. En el artículo 12 para la modalidad tipo 1:

- Los contadores tendrán la misma precisión y requisitos de comunicación que le corresponda como tipo frontera de consumidor.
- Los equipos de medida tipo 4 (hasta 50 kW) Y 5 (hasta 15 kW) se integrarán en los sistemas de telegestión y telemedida.
- Los equipos de medida tipo 3 (hasta 450 kW) dispondrán de dispositivos de comunicación remota.
- Habrá un equipo de medida para la energía neta generada.
- Habrá un equipo de medida independiente en el punto frontera.

- Habrá un equipo de medida que registre la energía consumida total por el consumidor asociado.

Respecto a la modalidad de autoconsumo tipo 2, en el artículo 13:

- Los equipos de medida tendrán la misma clasificación en relación con la precisión de sus equipos y requisitos de comunicación.
- Los equipos de medida 3,4y 5 serán iguales que en la modalidad tipo1.
- De forma general se tendrán que instalar los siguientes equipos de media:
 - Un equipo bidireccional para la energía neta generada.
 - Un equipo para la energía consumida total por el consumidor asociado.
 - Un equipo bidireccional en el punto frontera (opcional).
- Si la suma de las potencias de las instalaciones de producción conectadas a la red interior es menor o igual a 100 kW y consumidor y titulares son la misma persona, de forma alternativa, se utilizarían los mismos equipos de medida que en la modalidad tipo 1.
- Se tendrá un equipo de medida bidireccional para la energía neta generada.
- Se tendrá un equipo de medida bidireccional en el punto frontera.
- Se tendrá un equipo de medida para la energía consumida total por el consumidor asociado (opcional).

Sin tener en cuenta lo anterior, en el caso de sujetos que estén acogidos a la modalidad de autoconsumo tipo 2 unidos mediante líneas directas, tendrán los equipos de medida necesarios para registrar la demanda de la red, el consumo con independencia de su procedencia y el cargo por otros servicios del sistema.

El régimen económico de la energía excedentaria y consumida se explica en el artículo 14, el cual dice que se aplicarán los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución, cargos asociados a los costes del sistema y cargos por otros servicios del sistema como se establece en el capítulo V.

- Peajes de acceso a las redes de transporte (artículo 16):
 - Modalidad de autoconsumo tipo 1:

- Término de facturación de potencia: El control de la potencia contratada se realizará en el punto frontera.
- Término de facturación de energía activa: Se considerará la energía correspondiente a la demanda horaria.
- Término de facturación de energía reactiva (opcional): Se utilizará el contador del punto frontera.
- Modalidad de autoconsumo tipo 2:
 - Término de facturación de potencia:
 - Consumo horario de servicios auxiliares > 0 :
 - El control de potencia demandada del consumidor se realizará sobre la potencia del consumidor utilizando el equipo que registre la energía horaria.
 - El control de potencia demandada de los servicios auxiliares se realizará sobre la potencia de dichos servicios utilizando el equipo que registre la energía generada neta.
 - Energía horaria neta generada > 0 :
 - En el punto frontera, si se dispone de equipo de medida que registre las medidas de potencia.
 - Sobre la potencia del consumidor asociado, utilizando el equipo que registre la energía horaria consumida
 - Término de facturación de energía activa:
 - Consumidor asociado: La energía de la demanda horaria del consumidor asociado.
 - Consumos auxiliares de generación: La energía del consumo horario de los servicios auxiliares.
 - Término de facturación de energía reactiva (opcional):
 - Consumidor asociado: El equipo que registra la energía horaria consumida.
 - Consumos auxiliares: El equipo que registra la energía generada neta.
- Cargos asociados a los costes del sistema eléctrico (artículo 17):

- Modalidad tipo 1:
 - Cargos fijos: Se realizará sobre la potencia de aplicación de cargos.
 - Cargos variables: Se realizará sobre la energía correspondiente a la suma de la demanda horaria y del autoconsumo.
- Modalidad tipo 2:
 - Cargos fijos:
 - Consumidor asociado: Se utilizará el equipo que registra la energía horaria consumida.
 - Servicios auxiliares: Cuando el consumo horario sea mayor que cero, se utilizará el equipo que registre la energía generada neta.
 - Cargos variables:
 - Consumidor asociado: Sobre la energía correspondiente a la demanda horaria y el autoconsumo horario.
 - Servicios auxiliares: Sobre la energía correspondiente al consumo horario de servicios auxiliares.
- Cargos por otros servicios del sistema:
 - Es lo que se paga por el respaldo que el sistema eléctrico realiza para hacer posible la aplicación del autoconsumo.
 - Las modificaciones y actualizaciones se aplicarán a todos los consumidores que se acojan a cualquiera de las modalidades de autoconsumo.

Únicamente recibirán una contraprestación económica por el vertido de energía a la red, los usuarios que se acojan a la modalidad de autoconsumo tipo 2, salvo en las siguientes excepciones:

- Cuando el titular del punto de suministro que se acoja a una modalidad de autoconsumo, no tenga un contrato vigente con un comercializador libre y no sea consumidor directo en mercado, será suministrado por el comercializador de referencia a la tarifa de último recurso que corresponda con la demanda horaria, y si, existe vertido, se cederá al sistema eléctrico sin ninguna prestación económica.

- Cuando los consumidores adquieran su energía a través de una empresa comercializadora, liquidarán su energía conforme lo pactado mensualmente.

El registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica se realizará conforme al artículo 19:

- La gestión del registro corresponde a la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo y tendrá como finalidad el control y el seguimiento de los consumidores que se acojan a cualquier modalidad de autoconsumo. El registro tendrá dos secciones:
 - Sección primera: Modalidad de autoconsumo tipo 1 con potencia menor o igual a 10 kW.
 - Sección segunda: Modalidad de autoconsumo tipo 1 con potencia > 10 kW y modalidad de autoconsumo tipo 2.
- Todos los consumidores que se acojan a cualquier modalidad de autoconsumo tienen que solicitar la inscripción en el registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica (artículo 20).
- El procedimiento se podrá realizar por medios electrónicos (artículo 21.1).
- En la modalidad tipo 1, la empresa instaladora podrá realizar la inscripción en el registro (artículo 21.2).

3.2.3. SENTENCIA 68/2017 DEL TRIBUNAL CONSTITUCIONAL.

En febrero de 2016, el consejo de gobierno de la Generalitat de Cataluña planteó ante el tribunal constitucional la anulación de varios artículos del Real Decreto 900/2015 de autoconsumo. Los artículos que se solicitaron anular eran el 1,2,4,5,6,7,8,19,20,21 y 22, las disposiciones adicionales primera, segunda y novena y la disposición final sexta.

Los motivos que argumenta la abogada de la Generalitat de Cataluña son que estos artículos invaden la competencia de la Generalitat en materia de desarrollo de las bases estatales de la energía y que sustraen un conjunto de funciones ejecutivas en favor del Estado infringiendo la distribución competencial constitucional y estatutaria.

Finalmente, el 25 de mayo de 2017, el tribunal constitucional falló parcialmente de forma favorable al recurso presentado por la Generalitat de Cataluña, anulando el apartado 4.3 y los artículos 19,20,21 y 22 y desestimando la anulación de los otros artículos solicitados.

Destacar la anulación del artículo 4.3 que dice: *“En ningún caso un generador se podrá conectar a la red interior de varios consumidores”*. Este artículo impedía que se pudieran instalar generadores en zonas comunes de comunidades de vecinos, por lo que, según una nota de prensa difundida por la Generalitat¹⁷, suponía un freno al desarrollo del autoconsumo, ya que perjudicaba la viabilidad de muchos proyectos y desincentivaba el interés de los ciudadanos en esta modalidad descentralizada de producción de electricidad. Además, según ellos, vulneraba las competencias de la Generalitat y dificultaban la consecución de los objetivos de eficiencia energética y ambientales establecidos en diversas directivas europeas de cara al año 2020.

La anulación de los artículos 19,20,21 y 22 se deben a que, según el Tribunal Constitucional, se invaden las competencias de la Generalitat en materia de desarrollo de las bases estatales en relación con el registro considerando que ésta función es competencia de las comunidades autónomas y no del estado.

¹⁷ Nota de prensa de la Generalitat de Catalunya sobre la sentencia del tribunal constitucional, disponible en http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/AppJava/notapremsavw/301309/ca/govern-celebra-tribunal-constitucional-anulli-prohibicio-ciutadans-empreses-compartir-lelectricitat-generin-installacions-dautoconsum.do

3.3. INTEGRACIÓN DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

La integración de las placas solares fotovoltaicas en la envolvente del edificio presenta grandes ventajas frente a las que están instaladas en un terreno propio como pueden ser el ahorro del terreno para la instalación, el ahorro de material constructivo sobre el que se sitúan las placas o el ahorro de pérdidas por conducción debido a que están situadas sobre la misma envolvente y el recorrido del cable de las mismas es mínimo. En el caso de las viviendas de pueblo se hace muy necesaria la integración de éstos.

Las placas solares fotovoltaicas pueden integrarse en varios lugares de la envolvente de los edificios para tener un diseño más arquitectónico. Se pueden adaptar tanto a edificios nuevos como a edificios existentes tomando la función de un material de construcción más. Pero también cabe la posibilidad de estudiar la integración en las viviendas unifamiliares, tanto aisladas como entre medianeras de pueblos pequeños.

Para su diseño hay que tener en cuenta dos exigencias fundamentales. En primer lugar, buscar la máxima producción eléctrica de los módulos y en segundo, definir los criterios arquitectónicos. Los aspectos que hay que tener en cuenta para su integración son:

- Tamaño y forma de los módulos.
- Estructura constructiva de los módulos.
- Forma y tamaño de las células.
- Color de las células y de la cubierta posterior.
- Transparencia del módulo.
- Número de células y su disposición en el módulo.

Como características fundamentales de las placas solares fotovoltaicas destacamos las siguientes:

- No generan ruido
- No incluyen partes móviles, aunque hay algunas mecanizadas que modifican su inclinación en función de la inclinación solar, pero son poco habituales.
- Son modulares y fácilmente manejables como elementos de construcción.
- Son respetuosas y colaboran con el medio ambiente

Las placas solares fotovoltaicas producen la máxima energía cuando están orientadas al sur y están inclinadas unos pocos grados menos que la latitud local donde se encuentran ubicadas.

Pero la integración fotovoltaica también presenta algunos inconvenientes, ya que cuando se trata de integrar los paneles, su ubicación se aleja de lo que serían las condiciones ideales, debido a que se debe adaptar a la situación de la vivienda, por lo que las pérdidas son mayores, lo que implica una mayor superficie de captación para conseguir la misma producción de energía. Las pérdidas que tienen los módulos fotovoltaicos cuando se integran en la vivienda son las siguientes:

- Pérdidas por orientación.
- Pérdidas por inclinación.
- Pérdidas por sombras.
- Pérdidas por calentamiento. El rendimiento se mide a 20°C. En este caso, cuando la temperatura es mayor, el rendimiento es menor, por eso es conveniente que las placas fotovoltaicas estén ventiladas por su cara posterior.

El pliego de condiciones técnicas del IDAE elabora una tabla con el porcentaje de pérdidas máximas por orientación e inclinación, sombras y el total de ambas en función de si se colocan de forma general, superpuestas o integradas. El cálculo de las pérdidas se realizará conforme a los anexos II y III de este pliego.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI + S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 1: Porcentaje máximo de pérdidas según pliego de condiciones técnicas del IDAE

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla I del pliego

Como se observa en la tabla, las máximas pérdidas se producen por integración, siendo prácticamente el doble que en los otros casos, por lo que éstas se tendrán muy en cuenta.

Este mismo pliego, establece varias denominaciones de integración dependiendo de la función que realicen. Se determina que hay integración fotovoltaica cuando las placas fotovoltaicas, sustituyendo a elementos constructivos convencionales, realizan la función energética y arquitectónica.

Dentro de la función arquitectónica, pueden tener las siguientes funciones:

- Revestimiento: Formando parte de la envolvente.
- Cerramiento: Formando parte en la cubierta o en la fachada, realizando las funciones de éstas.
- Elementos de sombreado: Proporcionando sombras al tejado o a la fachada.

A continuación, se van a describir y a mostrar todos los posibles casos de integración de las placas solares fotovoltaicas en la envolvente de los edificios, haciendo más énfasis en la integración fotovoltaica en cubiertas, que es el caso más habitual de integración en viviendas de pueblo.

3.3.1. INTEGRACIÓN EN CUBIERTAS Y LUCERNARIOS.

Es el lugar de la envolvente más habitual para integrar placas solares fotovoltaicas, además de ser la mejor opción si no se quiere alterar la imagen del edificio. Las cubiertas normalmente son espacios poco aprovechados, libres de obstáculos y restricciones y no interrumpen las funciones habituales del edificio. Antes de proceder a su integración se tendrán en cuenta varios aspectos:

- Análisis del emplazamiento
- Diseño de la instalación
- Ejecución de la instalación
- Mantenimiento

La instalación de paneles solares en cubiertas tiene las siguientes ventajas:

- Colabora con el medio ambiente obteniendo un beneficio económico considerable que además no interfiere en las funciones habituales de los edificios.

- Es más fácil evitar las sombras.
- Son más fáciles de orientar.
- Es más fácil ventilar el trasdós.

Las placas fotovoltaicas se pueden integrar en cubierta de tres formas diferentes según de la tipología que sea. Las cubiertas podrán ser de tres tipos, cubiertas inclinadas, cubiertas planas y cubiertas acristaladas.

La integración de las placas fotovoltaicas en cubierta es la forma más aprovechable de integración arquitectónica en una vivienda de pueblo mediterráneo, ya que, como bien se ha dicho, es la mejor opción para alterar lo menos posible la imagen del edificio y así minimizar el impacto ambiental que pueden generar. En las viviendas de pueblo mediterráneo la más habitual es la cubierta inclinada, aunque también es común ver alguna vivienda con cubierta plana, y no tanto con cubierta acristalada. A continuación, se va a explicar cómo se integran en cada tipología de cubierta.

3.3.1.1. CUBIERTAS INCLINADAS:

Las cubiertas inclinadas son la tipología más tradicional de cubierta en general, y, sobre todo, en el marco que nos situamos de vivienda de pueblo mediterráneo. La cierta pendiente que tienen se puede aprovechar, además de para evacuar las aguas, para proyectar placas solares fotovoltaicas siempre y cuando tengan una orientación razonable hacia el sur. El revestimiento habitual de las cubiertas inclinadas en la zona mediterránea son las tejas cerámicas y se pueden incorporar bien con paneles completos o con tejas solares.

Una ventaja de la instalación de placas fotovoltaicas sobre cubiertas inclinadas es que estas producen sombras permanentes sobre el tejado, por lo que previene la insolación cuando las temperaturas son muy altas.

La integración de placas fotovoltaicas en cubiertas inclinadas tiene el inconveniente de tener generalmente una orientación e inclinación definidas, por lo que se deberán tener en cuenta estas características a la hora de planificar la instalación fotovoltaica.

Tienen las siguientes características:

- Su montaje es sencillo.
- Se puede instalar la máxima potencia pico en módulos fotovoltaicos por m2.

A la hora de integrar los paneles fotovoltaicos en cubierta con paneles completos las dos soluciones más comunes son:

- Sobre la cubierta inclinada colocando una estructura metálica, de aluminio o de acero galvanizado sobre la cubierta sin reemplazar el revestimiento original de la cubierta. Se caracteriza por ser una construcción más barata debido al bajo coste del montaje y los accesorios. Esta tipología de integración dentro de las cubiertas inclinadas tiene el inconveniente de que todos los componentes de la instalación quedan vistos, por lo que tienen una menor integración en el edificio.
- Integrando la instalación al mismo nivel que el techo, es decir, sustituyendo el revestimiento original de teja de las cubiertas inclinadas por módulos fotovoltaicos. La sustitución del revestimiento original provoca que las placas fotovoltaicas tengan que cumplir una doble función, la de generador eléctrico y la de aislamiento térmico y acústico. En este caso las placas solares podrán ser paneles completos o tejas solares. Esta solución es la más habitual en las edificaciones y desde el punto de vista arquitectónico presenta una mejor integración.



Figura 1: Integración de placas fotovoltaicas en una cubierta inclinada

Fuente: Página web de solesco¹⁸

Ninguna de estas soluciones sería la más recomendable, aunque sí viable y posible de ejecutar sin problemas para una vivienda tipo mediterránea, debido al alto impacto visual que causaría. El colocar placas fotovoltaicas sobre la cubierta inclinada es una mejor solución para viviendas unifamiliares en entorno rural o en las afueras del casco urbano. Una mejor solución a esto son las tejas solares. Las tejas solares son pequeños módulos que simulan el acabado del revestimiento de la cubierta y las dimensiones para un mejor acabado, disminuyendo casi en su totalidad el impacto visual que se genera con las placas fotovoltaicas. Según la forma en la que se sustenten pueden ser autosustentadas, que no necesitan un soporte para cada módulo, y sustentadas, que necesitan un soporte para fijar las tejas. Es muy recomendable dejar una cámara de aire por debajo de la teja para poder ventilar su cara posterior y evitar así el sobrecalentamiento de los módulos.

Las tejas más comunes para producir energía solar fotovoltaica son las llamadas “te-golasolare”, que son unas tejas rojas resistentes, impermeables y que absorben muy poco

¹⁸ Página web destinada a la construcción sostenible, inmobiliaria y distribución de materiales, disponible en <http://www.solesco.com.co/index.php/component/content/article/12-destacados/52-que-es-fotovoltaica-2?Itemid=101>

calor. Ésta teja está fabricada con cuatro células solares y se puede instalar de manera convencional, como si de una teja cerámica se tratara. Además, tiene la ventaja que si una se rompe, no afecta a todo el sistema y se puede sustituir sin más.



Figura 2: Tejas solares fotovoltaicas “tegolasolare”

Fuente: Página web de ecoinventos¹⁹

Otro tipo común de teja fotovoltaica, y con un mejor acabado para integrarse en una cubierta de vivienda de pueblo mediterráneo son las denominadas tejas “TechTile”, que simulan una teja tradicional cerámica o de arcilla. Éstas contienen células fotovoltaicas en su interior, aunque también pueden incluir células para captadores solares de ACS (Agua Caliente Sanitaria).

¹⁹ Blog sobre energías renovables, disponible en <http://ecoinventos.com/tejas-solares-fotovoltaicas/>



Figura 3: Tejas solares fotovoltaicas “TechTile”

Fuente: Página web de ecoinventos.

Hay también otros tipos de teja con cubiertas transparentes que albergan el módulo fotovoltaico en su interior. Éstas son desaconsejables debido a que la cubierta está un poco alejada del módulo por lo que se favorecen las pérdidas por reflexión.

Por tanto, la colocación de tejas solares sería la mejor solución desde el punto de vista visual en las cubiertas inclinadas de pueblo mediterráneo. Esta solución ayudaría a conservar o sustituir ligeramente el revestimiento original de las cubiertas para de esta forma conservar la esencia de pueblo, dotando, además, de una alta eficiencia energética a las viviendas.

Pero al igual que las placas solares convencionales, las tejas solares también presentan algunos inconvenientes:

- El coste de éstas es mayor que el de las placas fotovoltaicas convencionales y supone una fuerte inversión inicial.
- Sus pérdidas por orientación e inclinación, ya que las tejas se adaptan a la inclinación de la cubierta, por lo que no captan la máxima radiación posible.
- Debido a la dificultad de acceso, son más difíciles de limpiar y mantener.
- Muchas veces no se dispone de espacio para la ventilación de las tejas, lo que puede provocar un sobrecalentamiento de éstas, lo que se traduce en pérdidas.

- En España todavía está en vías de desarrollo, lo que provoca falta de profesionales en la instalación.

3.3.1.2. CUBIERTAS PLANAS:

Es la forma más habitual de integración dentro de las cubiertas. Se pueden integrar como paneles completos o como lucernarios translúcidos. Se montan con una estructura metálica, de aluminio o de acero galvanizado que levanta los módulos fotovoltaicos hasta la inclinación que se desee para obtener la máxima producción energética, pudiendo ser el ángulo fijo adecuado a la latitud del lugar o ajustable según la época del año. La estructura puede ser apoyada o que se ajuste a una superficie paralela a la cubierta. Generalmente van con contrapeso, aunque también pueden ir ancladas a la cubierta.

La integración en cubiertas planas tiene las siguientes ventajas:

- Sencillez de instalación
- Adaptabilidad y versatilidad para darle la orientación e inclinación más adecuados.
- Aparte del aspecto energético, las placas tienen un mantenimiento mínimo debido a que los módulos se limpian por la lluvia.
- Excelente ventilación de la parte posterior de las placas.

Por otra parte, hay que ser muy cuidadoso en el montaje de la estructura para que ésta no perfora la lámina impermeable y pueda provocar filtraciones de agua en la misma. Además, se debe tener en cuenta no superar el peso máximo admisible de la cubierta y dejar una separación mínima entre ellas para que no produzcan sombras entre sí.



Figura 4: Integración de placas solares fotovoltaicas en cubierta plana

Fuente: Página web de Electro Avilés²⁰

Realmente la instalación de placas fotovoltaicas en cubiertas planas no supone una integración en sí, ya que únicamente los paneles se colocan sobre una cubierta ya existente, sin sustituir al revestimiento de ésta.

La integración de los paneles fotovoltaicos en cubierta plana no sería una mala solución como tal, ya que, las viviendas unifamiliares con cubierta plana no son la tipología general de vivienda de los pueblos mediterráneos y éstas suelen encontrarse en las afueras de los pueblos por lo que no se causaría un gran impacto ambiental, aparte de ser una solución posible y viable.

3.3.1.3. LUCERNARIOS:

Los lucernarios tienen la finalidad de proteger contra la lluvia y dar sombra en el interior de las viviendas. En la colocación de módulos fotovoltaicos en lucernarios hay que

²⁰ Web especialista en energías renovables y distribución de material eléctrico, disponible en http://www.electroaviles.com/?site_id=1

tener acceso para su limpieza, ya que, en ocasiones, se les da muy poca inclinación o es totalmente horizontal y eso provoca que se ensucie rápidamente, lo que se traduce en menos producción energética de los módulos.

La solución más habitual es integrar los módulos fotovoltaicos en lucernarios basados en montantes y travesaños que soporten esfuerzos mecánicos y absorban las dilataciones térmicas. En esta solución, los vidrios de doble acristalamiento de los lucernarios se sustituyen por módulos fotovoltaicos que tengan cierta transparencia y, estos, a su vez, montados sobre vidrios de doble acristalamiento incorporando láminas de baja emisividad y de control solar en la parte interior para no perder transmitancia térmica. Se tendrá en cuenta también el recorrido del cableado de los módulos a través de los montantes y los travesaños. La caja de conexiones deberá estar en un lugar accesible y ventilado.

En los lucernarios o atrios, a la hora de instalar paneles fotovoltaicos, será muy importante saber de la superficie de captación de la que se dispone, debido a la transparencia de los módulos que se instalen. Una mayor transparencia de los módulos fotovoltaicos provoca una menor producción de energía por m^2 , lo que necesitaría una mayor superficie de captación. Por otra parte, si la superficie del lucernario es pequeña, conviene instalar módulos fotovoltaicos con menos transparencia o semitransparentes.

En el caso de los lucernarios que cubren atrios o patios, la integración es muy parecida a la de las cubiertas planas con la diferencia de que apenas tienen inclinación. En su construcción se da prioridad al diseño debido a que quedan visibles desde el exterior.

En el diseño en atrios acristalados hay que tener muy en cuenta los siguientes aspectos:

- Impermeabilizar correctamente las perforaciones a través de los perfiles.
- La durabilidad de los sellados en los bordes en el doble acristalamiento.
- Las sobrecargas de viento y nieve que tiene que soportar la placa.
- La correcta evacuación de las aguas infiltradas por las perfilierías a través de una línea interior.



Figura 5: *Lucernario fotovoltaico en el mercado de San Antón, Madrid*

Fuente: *Blog de Onyxsolar²¹*

En las viviendas unifamiliares de pueblo mediterráneo no es muy habitual observar lucernarios o claraboyas en las cubiertas, pero en el caso de alguna vivienda donde los hubiese, sería una buena solución para integrar algún módulo fotovoltaico, ya que pasaría bastante desapercibido desde el punto de vista visual, no viéndose desde el exterior y podría complementar a los otros módulos instalados en la cubierta, dejando pasar la misma cantidad de luz solar al interior de la vivienda.

3.3.2. INTEGRACIÓN EN FACHADAS.

La fachada es el elemento más visible de un edificio y, por tanto, la que da una primera impresión sobre él. Es por ello que la integración de las placas fotovoltaicas en esta parte del edificio ayuda transmitir una imagen futurista, sofisticada y ecológica, pero de gran impacto visual en las tipologías urbanas rurales tradicionales.

Las placas fotovoltaicas en fachada se pueden integrar de dos formas principales:

²¹ Web que desarrolla soluciones inteligentes para la integración de tecnología fotovoltaica en edificios, disponible en <https://edificacionsostenible.wordpress.com/tag/atricio-fotovoltaico/>

- Colocando placas fotovoltaicas sobre el revestimiento de una fachada ya construida mediante sistemas convencionales de sujeción. En este caso, no es necesario que los módulos fotovoltaicos tengan que tener resistencia frente a los agentes externos. Para una mejor imagen del edificio se suele optar por colocar paneles policristalinos ya que son visibles desde largas distancias proporcionando brillos que se emiten en tonos azules.
- Colocando las placas fotovoltaicas como material de construcción propio. Los paneles pasan a ser una parte constituyente de la envolvente y tienen que tener resistencia frente a los agentes exteriores.

Las placas fotovoltaicas como material de construcción propio se tienen que prever desde el proyecto de un edificio de nueva construcción, ya hay que tener en cuenta aspectos importantes como la distribución de las ventanas, la orientación y la ventilación para una mayor eficiencia energética. Además, se dispondrán más placas fotovoltaicas en la fachada que esté más orientada al sur para un mayor aprovechamiento de estas.

En el aspecto económico, también son ventajosas debido a que no se requiere de un gasto en materiales de revestimiento, ya que las placas fotovoltaicas realizan su función.

Respecto a la integración de paneles fotovoltaicos en las fachadas de las viviendas de pueblo mediterráneo, se van a mostrar las diferentes posibilidades existentes y si es posible su aplicación, aunque será una solución muy poco habitual, aunque no inexistente debido al alto impacto visual que genera y siendo muy pocas las fachadas que tienen espacio para poder colocarlas y su dificultad, por la cantidad de calles estrechas que hay en estos pueblos y que no hacen recomendable su colocación.

A continuación, se va a exponer un ejemplo de placas solares en fachada situadas en un hotel rural entre medianeras en Quatretondeta (Alicante). Dichas placas, aunque sean captadores solares de ACS y no módulos fotovoltaicos, sirven para explicar el ejemplo de integración.



Figura 6: Captadores solares de ACS en Quatretondeta (Alicante)

Fuente: Ada García-Quismondo

Como se aprecia en la imagen, las placas fotovoltaicas no están situadas en la fachada principal de la vivienda, sino que se están colocadas en la fachada que da a la cubierta de la vivienda colindante, produciendo sombras sobre parte de esa cubierta. Éstas están bien colocadas, ya que no se superponen unas sobre las otras y aprovechan un espacio en fachada donde no hay ventanas. Por otra parte, el impacto visual que crean éstas placas desde la calle es importante, ya que se ven completas en su totalidad.

3.3.2.1. FACHADAS VENTILADAS:

Las fachadas ventiladas son cerramientos formados por una capa interior formada generalmente de ladrillo cerámico o de hormigón, un aislamiento térmico adosado, para eliminar los puentes térmicos, una cámara de aire de anchura variable para ventilar la fachada y evitar condensaciones y una capa exterior, formada por una subestructura o anclajes puntuales de madera, aluminio o acero anclada mecánicamente a la hoja interior para sujetar la

hoja exterior. Esta capa tiene la función de dar el acabado final al cerramiento (vidrio, aluminio o cerámica) y protege la capa interior frente a los agentes externos.

Desde el punto de vista de la integración fotovoltaica, se pueden sustituir los paneles exteriores de vidrio, aluminio o acero por paneles fotovoltaicos. Estos paneles fotovoltaicos tienen la función, además de generar energía eléctrica, de proteger a la capa interior frente a agentes externos y de dotar de una buena imagen al edificio. La cámara de aire se puede aprovechar para pasar el cableado de la instalación y mejora la producción energética de los módulos, ya que al estar ventilados pueden disipar adecuadamente el calor. Además, el cableado de conexión se puede canalizar a través de los perfiles verticales que sujetan los paneles e introducirse en el interior en un punto concreto. El mantenimiento de este tipo de fachadas es sencillo siempre y cuando se accese desde el exterior mediante grúa móvil o plataforma elevadora.



Figura 7: Fachada ventilada fotovoltaica del proyecto GENyO en Granada.

Fuente: Blog de OnyxSolar

La ejecución de este tipo de fachadas fotovoltaicas en una vivienda tipo mediterránea se podría llevar a cabo, pero en este tipo de pueblos no es muy recomendable. Por una parte, los aplacados no son muy comunes en los núcleos urbanos de los pequeños pueblos mediterráneos, por lo que sería mejor solución de que las viviendas que optaran por esta solución estuvieran situadas en las afueras del núcleo urbano. Por otra parte, las calles estrechas de

estos pueblos hacen que el colocar paneles fotovoltaicos en fachadas ventiladas sea una solución poco viable debido a la gran cantidad de sombra existente, donde únicamente da el sol de lleno en las horas centrales del día.

3.3.2.2. MURO CORTINA:

El muro cortina es una fachada ligera monocapa que no constituye un elemento portante del edificio. Los vidrios se pueden sujetar de varias formas, siendo la más habitual la de montantes y travesaños con un doble acristalamiento montado en obra directamente. La otra posible solución es el sistema modular, donde los vidrios vienen prefabricados en taller. En el sistema de montantes y travesaños, los montantes suelen fijarse a los cantos de los forjados mediante dos pletinas en “L” sujetadas con tornillos de alta resistencia. Las juntas entre paneles se suelen rellenar mediante termopolímero EPDM, resistente al desgaste y a la abrasión, o silicona, para de esta forma evitar la infiltración del aire o del agua. Los montantes y los travesaños deberán soportar las cargas debidas al viento.

En lo que respecta a la integración de los paneles fotovoltaicos, las células pueden ir embebidas en los vidrios transparentes y en los vidrios opacos laminados indistintamente, o sustituyendo al vidrio convencional, tanto si es acristalamiento simple o doble. El cableado de las placas fotovoltaicas pasa por detrás de los perfiles verticales ya que ese espacio es hueco. También es importante que el vidrio laminado de las placas sea templado o termoendurecido para evitar así su rotura por puente térmico.

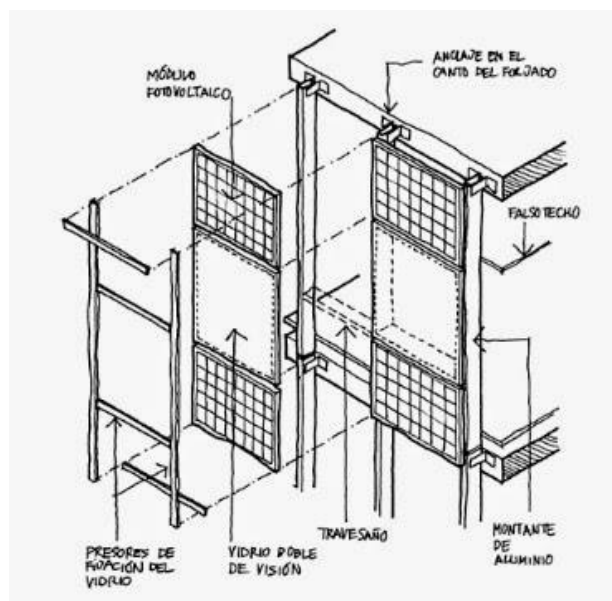


Figura 8: Detalle constructivo de muro cortina fotovoltaico.

Fuente: Trabajo fin de grado sobre integración fotovoltaica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectos de Madrid ²²

Este sistema constructivo es muy utilizado en grandes edificios para oficinas y edificios públicos. Tienen el gran inconveniente de que en los meses de verano se acumula mucho calor debido a la radiación solar incidente por lo que se necesita más demanda de aire acondicionado. Otro inconveniente es la falta de ventilación de la cara posterior de los paneles. Esto se puede solucionar realizando una fachada de doble piel.

El mantenimiento de este tipo de fachadas se realiza desde el exterior mediante plataforma elevadora. En el caso de que las células vayan embebidas en los vidrios, para su limpieza se deberán desmontar las juntas exteriores y liberar y desconectar los paneles de las conexiones.

²² Arquitectónica, I., Energía, D. E. L. A., Javier, T. F., & González, N. (2016). TFG - Arquitectura y energía fotovoltaica (ETSAM).



Figura 9: Muro cortina fotovoltaico de la torre CIS de Manchester.

Fuente: Blog de Up the Green²³

En los pueblos mediterráneos, esta solución, en general, es muy poco utilizada o casi inexistente. La mejor solución para integrar un módulo fotovoltaico en un muro cortina pasaría por una vivienda de nueva planta con la fachada orientada al sur y situada en las afueras del casco urbano.

²³ Blog dedicado a proyectos medioambientales viables en construcción, disponible en <http://upthegreen.blogspot.com.es/2014/09/integracion-fotovoltaica-en-edificacion.html>

4. JUSTIFICACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO:

La localidad escogida para realizar las simulaciones de cálculo será el municipio de Sella. Se trata de un pequeño municipio de la provincia de Alicante situado a unos 430 metros de altitud y cuenta con 584 habitantes a finales del año 2016 según datos del INE²⁴ (Instituto Nacional de Estadística). El municipio se encuentra situado a los pies de la sierra de Aitana (1558 m) y rodeado por un valle donde confluyen dos ríos, el río Sella y el río Amadorio, conformando un bello paisaje montañoso.

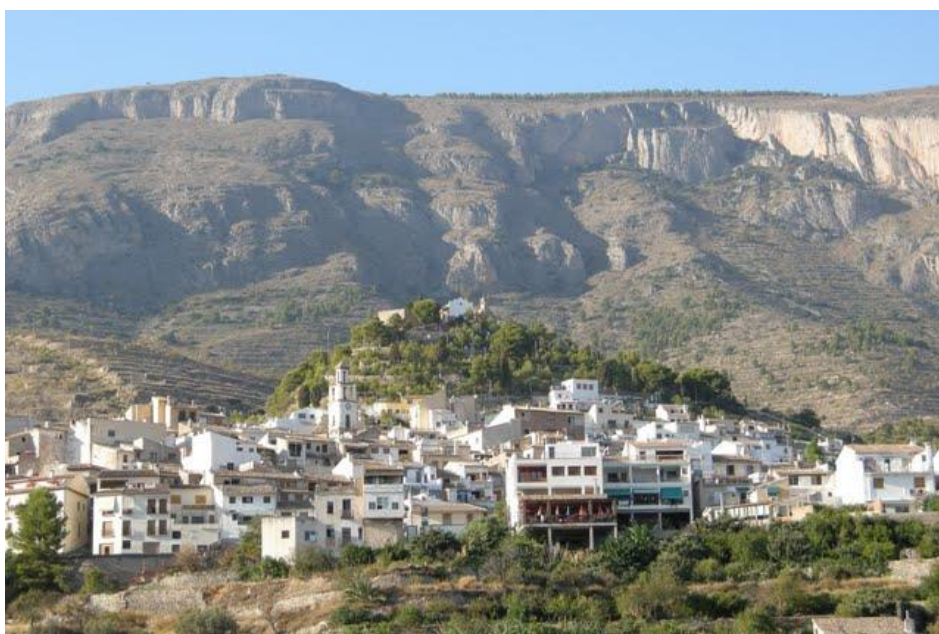


Figura 10: Perspectiva del pueblo de Sella

Fuente: Página web de villapico²⁵

Las razones que me han motivado a realizar los supuestos de dimensionamiento en dicha localidad son, en primer lugar, las características de dicha localidad, ya que se adaptan a la perfección a las características de pueblo mediterráneo de interior, y, en segundo lugar,

²⁴ Página web del Instituto Nacional de Estadística, disponible en http://www.ine.es/buscar/searchResults.do?searchString=Sella+%28alicante%29&Menu_botonBuscador=Buscar&searchType=DEF_SEARCH&startat=0&L=0

²⁵ Casa rural para alojamiento y desayuno en Sella, disponible en <http://www.villapico.com/UK/index.htm>

por ser el pueblo en el que habito que me permite conocer mejor las calles y viviendas de primera mano y, además, considero que es un buen ejemplo para realizar el trabajo.

Sella se caracteriza por tener calles estrechas prácticamente en su totalidad (quitando la plaza mayor) dentro del casco urbano y por sus continuas cuestas y escaleras, consecuencia del asentamiento del pueblo. La tipología característica de vivienda es la vivienda unifamiliar entre medianeras con planta baja y dos plantas piso con cubierta inclinada de teja cerámica, que constituyen la mayoría de las viviendas del pueblo. Cabe destacar que la mayoría de las viviendas del núcleo urbano están construidas desde hace más de 50 años con reformas realizadas con el paso del tiempo. Estas características lo hacen ideal para realizar las simulaciones de dimensionamiento.



Figura 11: Calle tipo de Sella (Alicante)

Fuente: Elaboración propia.

La vivienda escogida para realizar las simulaciones es una vivienda plurifamiliar con una medianera con sótano, local de planta baja y dos plantas piso para vivienda con cubierta plana y torreón de unos 2 metros de altura. Dicha vivienda está perfectamente orientada al sur y no tiene prácticamente obstáculos que provoquen sombra sobre ella ya que queda situada en la carretera y enfrente únicamente hay huertos. El dimensionamiento, sin

embargo, se realizará para cubrir las demandas de una única vivienda para, así, hacer la comparativa con una vivienda tipo.

Los motivos por los cuales he escogido esta vivienda se deben a no poder encontrar una vivienda característica con la cubierta lo suficientemente grande y bien orientada al sur para albergar una instalación fotovoltaica, tomando como referencia que tendría que instalar unas 15 placas en las simulaciones para una instalación aislada. La vivienda que he escogido es la única que he encontrado con una superficie suficientemente grande y orientada al sur como para albergar una instalación fotovoltaica. Otras viviendas con cubiertas inclinadas de grandes dimensiones que podrían albergar una gran cantidad de placas fotovoltaicas tienen el inconveniente de no estar orientadas al sur por lo que las pérdidas por orientación serían notables y no se le podría sacar el máximo rendimiento a la instalación.



Figura 12: Fachada principal de la vivienda objeto de estudio

Fuente: Elaboración propia

Otro motivo que me ha llevado a escoger esta vivienda es el tema de las pérdidas que se producen a causa de las pérdidas debidas a la integración y sombras. Como se ha comentado, la mayoría de las viviendas son de cubierta inclinada entre medianeras, por lo que las pérdidas por sombras podrían ser mayores debido a que las viviendas producen sombras entre sí. Además, las pérdidas debidas a la integración pueden llegar a ser hasta del 40%, lo

que se traduce en que se necesita un 40% más de superficie en cubierta para instalar la potencia deseada. Por tanto, después de realizar un estudio de campo de las viviendas de la localidad, ésta es la que mejores requisitos presenta para realizar las simulaciones.

5. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

En la realización de los cálculos se han contemplado dos planteamientos distintos: el primero el de una vivienda desconectada de la red, donde el sistema fotovoltaico tiene que cubrir el 100% de sus necesidades. En segundo lugar, una vivienda conectada a la red donde la prioridad es que el sistema fotovoltaico sea un sistema de apoyo y que no exista exceso de producción que se vierta a la red, dado que en la legislación vigente en España eso está penalizado económicamente.

Dentro de cada uno de estos supuestos se han realizado varias simulaciones.

- Supuesto A: Vivienda desconectada de la red.
 - Simulación A.1: Instalación fotovoltaica para suministrar energía a electrodomésticos e iluminación. El ACS se produce mediante captadores solares y apoyo con caldera de gas. La calefacción es con gas y no hay sistema de refrigeración.
 - Simulación A.2: A partir de los datos de la simulación A.1 se ha hecho una estimación de que si con el exceso de producción de energía eléctrica en verano se puede suministrar una instalación de refrigeración.
 - Simulación A.3: A partir de los datos de la simulación A.1 se ha hecho una estimación incluyendo la producción de ACS por aerotermia.
- Supuesto B: Vivienda conectada a la red.

En este caso se han seguido las recomendaciones de EnerAgen, según las cuales la instalación fotovoltaica debía estar dimensionada para que no existiera vertido de exceso de producción a la red en ningún momento del año. Para la realización del dimensionado se parte del predimensionado mediante la herramienta de cálculo proporcionada por EnerAgen.

- Simulación B.1: Es igual que la simulación A.1 del supuesto A. Se ha calculado la instalación fotovoltaica para suministrar energía a electrodomésticos e iluminación con ACS mediante captadores solares y apoyo de caldera de gas. En esta simulación se ha calculado la instalación

primeramente sin baterías y después con baterías y se han observado las diferencias entre ambas.

- Simulación B.2: Se han añadido a la demanda de electrodomésticos e iluminación, una demanda de refrigeración. Con esta demanda, se han realizado simulaciones en la plataforma PV-GIS hasta que con la instalación fotovoltaica calculada no exista vertido a la red.
- Simulación B.3: A la demanda de electrodomésticos e iluminación se ha añadido la demanda de ACS por aerotermia. Después, se han realizado simulaciones con la plataforma PV-GIS hasta conseguir que con la instalación fotovoltaica calculada no haya vertido a la red.

Para el dimensionamiento del campo fotovoltaico, se han utilizado paneles solares del fabricante TAMESOL, TM-Series, TM P660265 policristalinos con las siguientes características eléctricas:

Datos eléctricos TM P660265	
Potencia máxima en STC (Pmax)	265 Wp
Tensión Punto Máxima Potencia (Vpmp)	30,71 V
Intensidad Punto Máxima Potencia (Ipmp)	8,63 A
Tensión a Circuito Abierto (Voc)	37.46
Intensidad de Cortocircuito (Isc)	9,37 A
Eficiencia del módulo	16.28 %

Tabla 2: Datos eléctricos de la placa fotovoltaica policristalina TM P660265 del fabricante TAMESOL.

Fuente: Elaboración propia a partir de la ficha técnica del producto

Las condiciones en STC (normal standard conditions) son irradiancia de 1.000 W/m², temperatura de la célula de 25°C y A.M de 1,5.

5.1. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS:

Los módulos fotovoltaicos se disponen sobre una cubierta plana que tiene una superficie de 149,61 m². Los módulos están orientados 0° al sur y quedan distribuidos por la cubierta y por encima del torreón. En esos 149,61 m² se ha previsto un espacio para colocar captadores solares de ACS en los supuestos donde el ACS se realiza por aporte solar. Además, se ha previsto también el espacio de separación entre placas que se ha calculado a continuación, para evitar sombras entre ellas, y también un espacio de paso para mantenimiento de 0,5 metros.

La inclinación de las placas para todo el año, es de 34°, según PV-GIS para la latitud dada. La inclinación ideal de las placas, varía en función de la época del año en la que nos encontremos, siendo mayor ésta en los meses de invierno y menor en los meses de verano. En este caso, las placas cuentan con un soporte fijo (no son orientables) por lo que la orientación es la más óptima para todo el año. En la orientación dada, y en la situación de la casa en concreto, las pérdidas combinadas del sistema según PV-GIS son de un 24,4 %.

5.2. SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE PLACAS:

La separación mínima entre las placas se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$D=d_p+L*\cos \beta=(K \times L \sin \beta)+(L \cos \beta)$$

Donde:

- D = Distancia mínima entre las bases de los captadores.
- d_p = Distancia mínima entre la parte superior de una batería de captadores y la parte inferior de la siguiente.
- L = Longitud de la placa
- β = Ángulo de inclinación de la placa.
- K = 1,8 para Alicante y Murcia.

Dimensiones placa	
Largo	0.992 m
Alto	1.64 m
Grosor	0.04 m

Tabla 3: Dimensiones de la placa fotovoltaica policristalina TM P660265 del fabricante TAMESOL.

Fuente: Elaboración propia a partir de la ficha técnica del producto

Por tanto, la separación mínima entre placas es:

$$D = d_p + L \cdot \cos \beta = (1,8 \times 1,64 \cdot \sin 34) + (1,64 \cdot \cos 34) = 3,01 \text{ m}$$

Dibujado en un esquema queda de la siguiente forma:

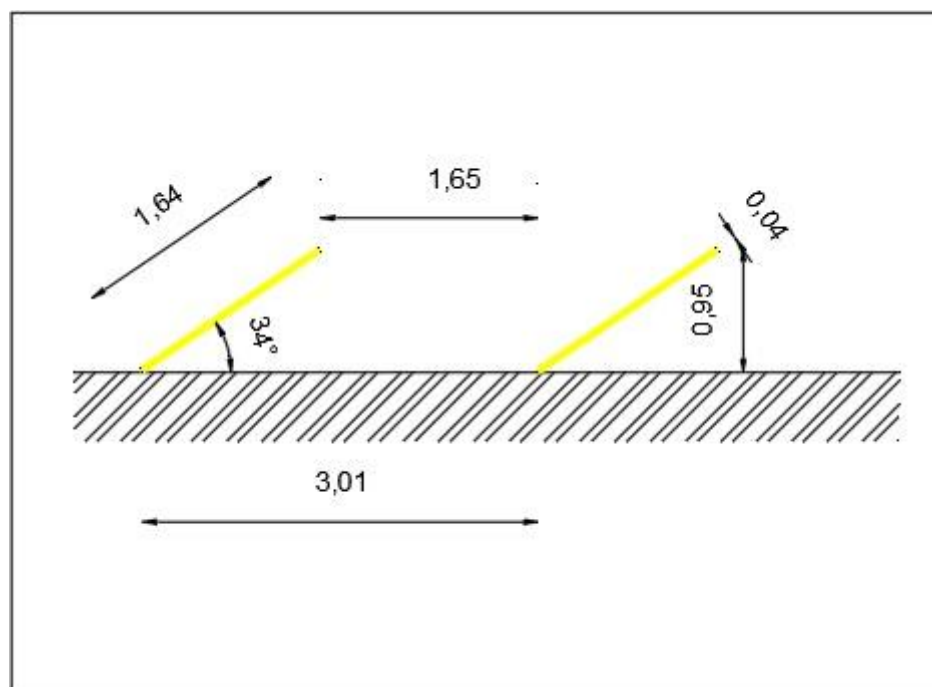


Figura 13: Distancia mínima entre dos placas fotovoltaicas para no producir sombras.

Fuente: Elaboración propia.

Se ha aplicado el mismo procedimiento para los captadores solares de ACS, aunque en este caso la inclinación óptima para la latitud de la provincia de Alicante es 45°.

5.3. SUPUESTO A: CÁLCULO DE PANELES FOTOVOLTAICOS NECESARIOS PARA UNA INSTALACIÓN AISLADA DE LA RED.

Para dimensionar este tipo de instalaciones, se tendrá en cuenta que tendremos superávit de energía durante todo el año.

La instalación de placas fotovoltaicas aisladas de la red va conectada con equipos de acumulación o baterías, para garantizar durante todo el año, la disponibilidad de energía eléctrica en los días que no haya mucha radiación solar o cuando la energía utilizada en un momento concreto exceda de dicha producción. Estas baterías se cargan con el superávit de energía que se tiene mensualmente.

5.3.1. SIMULACIÓN A.1: DEMANDA LINEAL E INSTALACIÓN DE ACS CON APOORTE SOLAR.

Antes de proceder al cálculo de placas fotovoltaicas se ha calculado la superficie de captación de los captadores solares de ACS para ver el espacio que ocupan en cubierta.

La superficie de captación se ha calculado mediante un predimensionado, estimando el área de éstos en 0,50 m² por persona. Así, considerando una media de 4 habitantes, se tiene:

$$0,50 \text{ m}^2 * 4 \text{ habitantes} = 2 \text{ m}^2$$

Por tanto, se ha reservado un espacio en cubierta de 2 m² para captadores solares de ACS. Además, hay que prever un espacio en planta baja para el depósito solar de ACS.

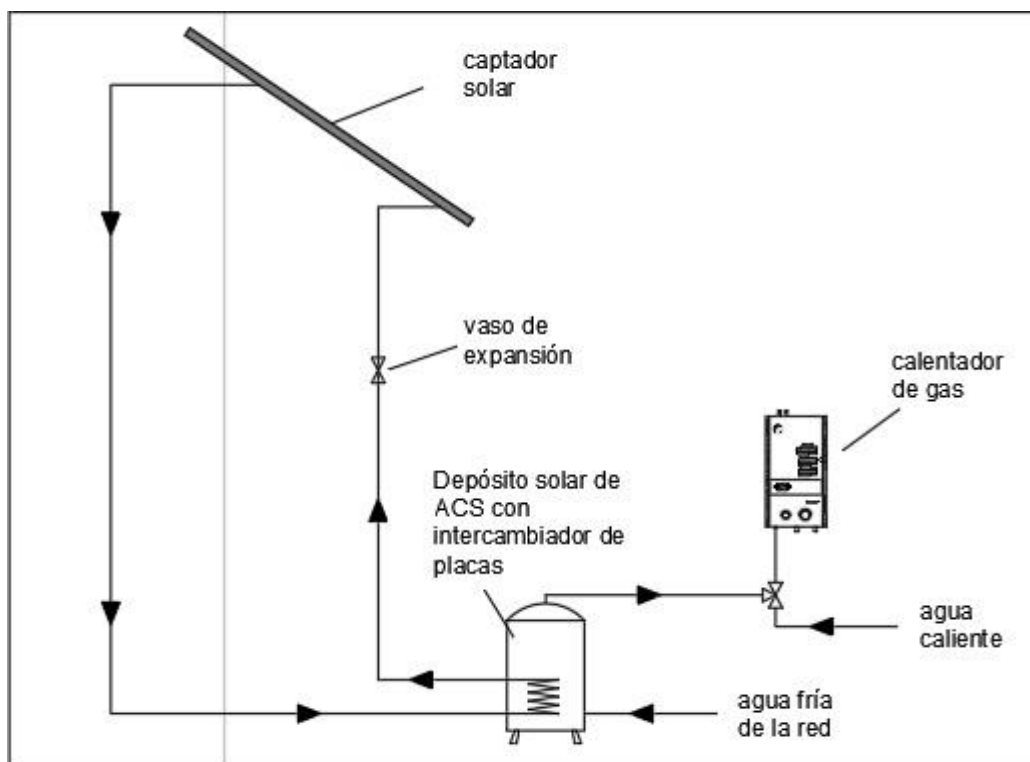


Figura 14: Instalación de ACS mediante captadores solares.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez previsto esto, se ha realizado un estudio general de los aparatos eléctricos más comunes que se tendrán en este caso en la vivienda tipo, haciendo una tabla estimando la potencia media de cada aparato, así como su consumo diario en Wh/día y la demanda energética anual en kWh/año.

En la realización de la tabla se ha tomado como referencia un proyecto final de grado de arquitectura técnica sobre energía solar fotovoltaica en viviendas unifamiliares²⁶.

²⁶ Cerdá Martínez, R., García, A., & Cartes, -Quismondo. (2012). PROYECTO FIN DE GRADO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA INFERIOR A 10 KW DE APLICACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES.

Además, también se han consultado algunas páginas como la de [tarifasgasluz](http://tarifasgasluz.com/faq/consumo-electricidad-hogares/espana)²⁷ o [comparatarifasenergia](http://www.comparatarifasenergia.es/info-energia/calcular-el-consumo)²⁸.

Para calcular lo que consume una vivienda tipo, se ha estimado la potencia eléctrica que necesita cada aparato y el número de aparatos de cada tipo en una vivienda estándar de 3 habitantes y las horas de media que cada aparato está en funcionamiento.

En la estimación de bombillas se ha considerado que, en muchas viviendas, al ser bastante antiguas y al vivir gente mayor, todavía tienen bombillas halógenas instaladas en sus viviendas. Para las bombillas se ha considerado que hay algunas de muy bajo consumo (< 10 W), de bajo consumo (entre 10 y 20 W) y de iluminación intensa o halógenas (entre 20 y 40 W).

A la hora de estimar el consumo del frigorífico, se ha considerado que, aunque el frigorífico esté enchufado las 24 horas del día, realmente solo trabaja unas 12 horas. Para el número de televisores se ha considerado que en un hogar tipo hay un televisor en el salón, otro en la cocina y otro en el dormitorio principal.

Al final, los datos recogidos en la tabla son datos aproximativos a los consultados en las diversas fuentes, ya que las estimaciones de potencia y horas en funcionamiento son diferentes en cada una, además de lo observado en algunos aparatos de mi propio hogar.

²⁷ Página web comparadora de compañías de electricidad, disponible en <http://tarifasgasluz.com/faq/consumo-electricidad-hogares/espana>

²⁸ Página web donde se ofrece información sobre el mercado libre de energía, disponible en <http://www.comparatarifasenergia.es/info-energia/calcular-el-consumo>

Aparato eléctrico	Uds	Potencia (W)		Ciclo diario (h/día)	Ciclo mensual	Demanda energética diaria (Wh/día)	Demanda energética mensual (kWh/mes)
Bombillas fluorescentes de 5W	18	5	90	6	12	540	16.20
Bombillas fluorescentes 12 W	7	12	84	6	12	504	15.12
Bombillas halógenas	8	35	280	6	12	1680	50.40
Televisor 130 W	3	130	390	5	12	1950	58.50
Radio	1	22	22	1	12	22	0.66
Minicadena	1	15	15	1	12	15	0.45
Lavadora	1	1000	1000	1	12	1000	30.00
Frigorífico con congelador	1	350	350	12	12	4200	126.00
Lavavajillas	1	1930	1930	1	12	1930	57.90
Microondas	1	900	900	1	12	900	27.00
Ordenador de sobremesa	1	300	300	3	12	900	27.00
Wifi	1	12	12	24	12	288	8.64
			5373			13929	417.87

Tabla 4: Estimación de demanda energética de una vivienda tipo en Sella (Alicante).

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, la potencia instalada que se tendrá será de 5373 W, que corresponde a un grado básico de electrificación según el REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) 2002 y las demandas energéticas diarias y mensuales serán de 13.929 Wh/día y 417 kWh/mes respectivamente. Con esta demanda se ha calculado el número de placas fotovoltaicas necesarias.

Para realizar el cálculo, se tenía que saber la radiación solar incidente en función de la latitud y la longitud en la que nos encontrábamos. Se ha estimado la radiación solar incidente mediante la plataforma PV-GIS introduciendo los siguientes datos:

- Tecnología FV: Silicio cristalino.
- Potencia FV pico instalada: 1 kWp
- Pérdidas estimadas del sistema: 14%
- Inclinação: 34°
- Acimut: 0°
- Localización: Sella (Alicante).

Se han obtenido los siguientes valores:

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	3.16	98.00	3.99	124.00
Febrero	3.78	106.00	4.80	134.00
Marzo	4.54	141.00	5.90	183.00
Abril	4.56	137.00	6.01	180.00
Mayo	4.84	150.00	6.45	200.00
Junio	5.08	152.00	6.88	206.00
Julio	5.13	159.00	7.05	219.00
Agosto	4.91	152.00	6.77	210.00
Septiembre	4.33	130.00	5.88	176.00
Octubre	3.89	120.00	5.19	161.00
Noviembre	3.19	95.80	4.12	123.00
Diciembre	2.77	86.00	3.53	109.00
Media anual	4.18	127.00	5.55	169.00
Total para el año	1530.00		2030.00	

Tabla 5: Tabla de energía producida y radiación solar incidente para 1kWp de potencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de PV-GIS.

Donde:

- Ed: Producción de electricidad media diaria por el sistema dado (kWh)
- Em: Producción de electricidad media mensual por el sistema dado (kWh)
- Hd: Media diaria de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m²).
- Hm: Suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m²)

Se ha observado qué en el mes más desfavorable, en este caso Diciembre, se tiene una irradiación global media de 3,53 kWh/m², ya que la instalación la calcularemos para cubrir las condiciones más desfavorables.

Como las condiciones normales de las placas fotovoltaicas elegidas tienen una irradiación de 1kWh/m² (1000 Wh/m²), se divide la irradiación media más desfavorable entre la irradiación de las placas solares fotovoltaicas en condiciones normales para obtener las horas solares pico (HSP).

$$HSP = 3,53 (kWh/m^2)/1(kWh/m^2) = 3,53 HSP$$

Para el cálculo de las placas se ha estimado una reducción de la demanda del 20%, ya que se considerará que todos los aparatos eléctricos no estarán en funcionamiento a la vez.

Con este dato, ya se puede calcular el número de placas necesarias para nuestra instalación. El cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = (Energía\ necesaria)/(HSP * rendimiento\ de\ trabajo * potencia\ del\ módulo)$$

El rendimiento de trabajo es un valor comprendido entre 0,7-0,8 y lo sacamos del PV-GIS como valor de las pérdidas combinadas del sistema. En este caso, las pérdidas del sistema son de un 24,4 %. Así, el número de módulos necesarios sería:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = (11143.2)/(3,53 * 0,756 * 265) = 15,76 \approx \mathbf{16 \text{ módulos}}$$

La energía generada por cada panel solar es:

$$E_{PANEL} = I_{PANEL} * V_{PANEL} * HSP * 0,9$$

$$E_{PANEL} = 8,63 * 30,71 * 3,53 * 0,9 = \mathbf{841.99 Whd}$$

Y la potencia nominal que obtendremos con estos módulos es:

$$P = N^{\circ} \text{ placas} \times P_{MAX. \text{ MÓDULOS}} = 16 \times 265W = 4240 W = \mathbf{4,24 kW}$$

Por tanto, la instalación fotovoltaica necesaria estaría formada por 16 módulos TM P660265 en la que cada panel genera 841,99 Whd y en la que se obtiene una potencia nominal de 4.24 kW.

La potencia pico instalada se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$P_{PICO} = S_{PLACA} \times Ef_{PLACA} \times N^{\circ} \text{ PLACAS}$$

$$P_{PICO} = 0,992 m \times 1,64 m \times 0,1628 \times 16 \text{ placas} = \mathbf{4,24 kWp}$$

Donde:

- S_{PLACA} : Superficie ocupada por la placa fotovoltaica. Se obtiene multiplicando el largo por el ancho de ésta. Los datos se sacan de la ficha técnica de dicha placa.
- Ef_{PLACA} : Eficiencia de la placa. El dato se obtiene de la ficha técnica de la placa fotovoltaica.
- N°_{PLACAS} : Número de placas obtenidas en el dimensionado anterior.

La determinación de la potencia eléctrica de la instalación se ha determinado en la base de datos PV-GIS introduciendo los siguientes datos:

- Tecnología FV: Silicio cristalino
- Potencia FV pico instalada: 4,24 kWp
- Pérdidas estimadas del sistema: 14%
- Posición de montaje: Posición libre.
- Inclinación: 34°
- Orientación 0°
- Localidad: Sella (Alicante)

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	13.40	416.00	3.99	124.00
Febrero	16.00	449.00	4.80	134.00
Marzo	19.30	597.00	5.90	183.00
Abril	19.30	580.00	6.01	180.00
Mayo	20.50	636.00	6.45	200.00
Junio	21.50	646.00	6.88	206.00
Julio	21.70	674.00	7.05	219.00
Agosto	20.80	645.00	6.77	210.00
Septiembre	18.40	551.00	5.88	176.00
Octubre	16.50	511.00	5.19	161.00
Noviembre	13.50	406.00	4.12	123.00
Diciembre	11.80	365.00	3.53	109.00
Media anual	17.7	540	5.55	169
Total para el año	6470		2030	

Tabla 6: Energía producida y radiación solar incidente para 4,24 kWp de potencia (16 placas).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de PV-GIS

Obtenidos los datos de producción eléctrica, se realizan dos gráficas de producción diaria y mensual en kWh comparándolas con las demandas diarias y mensuales medias.

Mes	Ed (kWh)	Demanda diaria (kWh)
Enero	13.40	11.14
Febrero	16.00	11.14
Marzo	19.30	11.14
Abril	19.30	11.14
Mayo	20.50	11.14
Junio	21.50	11.14
Julio	21.70	11.14
Agosto	20.80	11.14
Septiembre	18.40	11.14
Octubre	16.50	11.14
Noviembre	13.50	11.14
Diciembre	11.80	11.14

Tabla 7: Energía media diaria demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 4,24 kWp (16 placas)

Fuente: Elaboración propia.

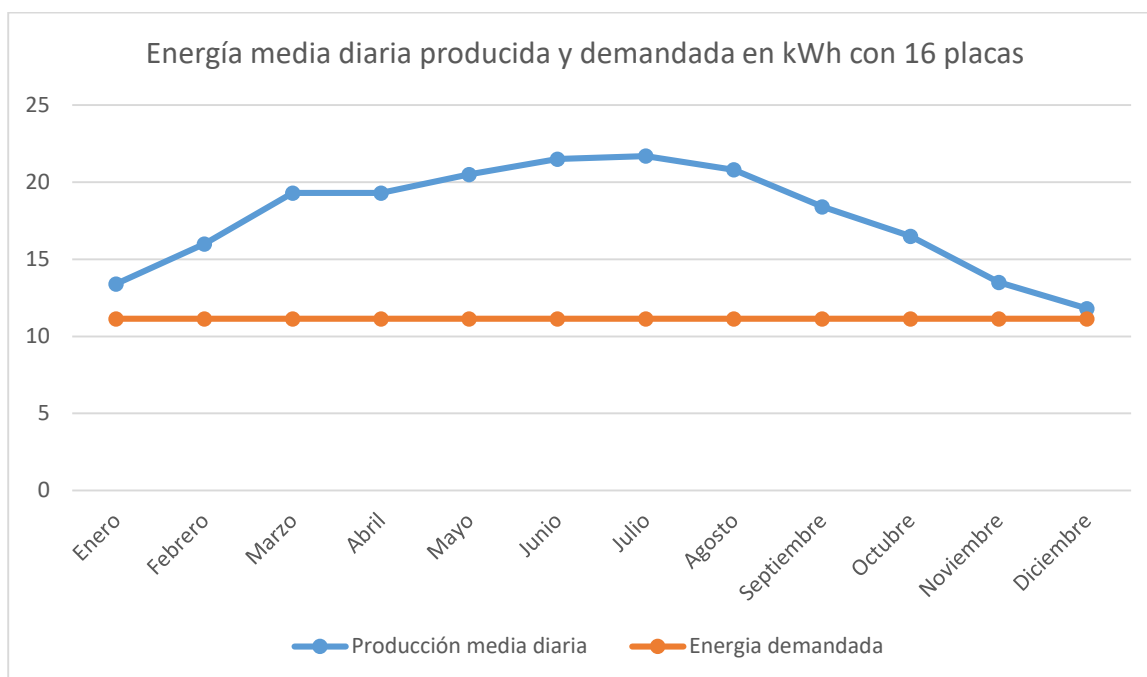


Figura 15: Gráfica de energía media diaria producida con 16 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 7.

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	416.0	334.3
Febrero	449.0	334.3
Marzo	597.0	334.3
Abril	580.0	334.3
Mayo	636.0	334.3
Junio	646.0	334.3
Julio	674.0	334.3
Agosto	645.0	334.3
Septiembre	551.0	334.3
Octubre	511.0	334.3
Noviembre	406.0	334.3
Diciembre	365.0	334.3

Tabla 8: Energía mensual demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 4,24 kWp (16 placas).

Fuente: Elaboración propia

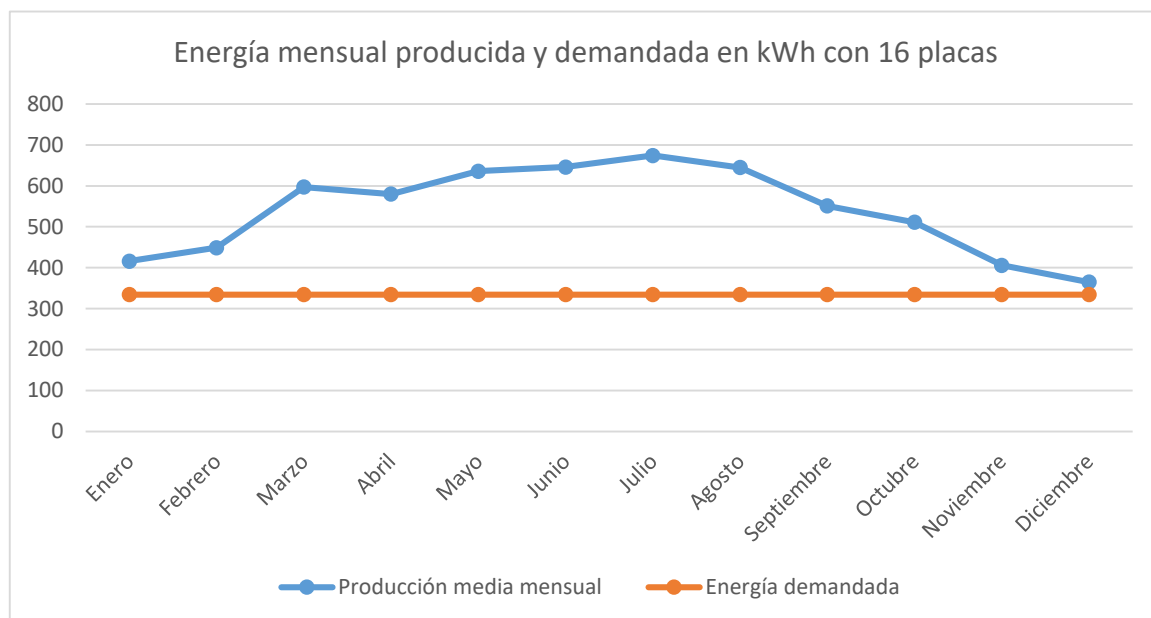


Figura 16: Gráfica de energía mensual producida con 16 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 8.

[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

Los paneles fotovoltaicos quedarían distribuidos como se observa en la imagen. Se colocaría una fila de 10 paneles debajo del torreón de la cubierta y los otros 6 distribuidos en dos grupos de 3, unos debajo del torreón respetando la distancia a los paneles de delante y otros, encima del torreón. Además, el espacio reservado para colectores de ACS en cubierta se ha previsto colocarlo encima del torreón.

5.3.2. SIMULACIÓN A.2: INSTALACIÓN DE ACS CON APOORTE SOLAR Y INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.

En la segunda simulación se ha añadido en los meses de verano una demanda de aire acondicionado. El cálculo del aire acondicionado se hace en los meses en que la temperatura exterior supera los 27°C. Para observar una evolución de las temperaturas medias en la provincia de Alicante, se ha consultado el atlas climático de AEMET²⁹(Agencia Estatal de Meteorología). En este atlas, concretamente en la página 31, hay una gráfica que muestra la evolución de temperaturas medias máximas y mínimas en la provincia de Alicante en el periodo 1971-2000.

²⁹ Atlas de datos climáticos históricos de la agencia estatal de meteorología, disponible en <http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf>

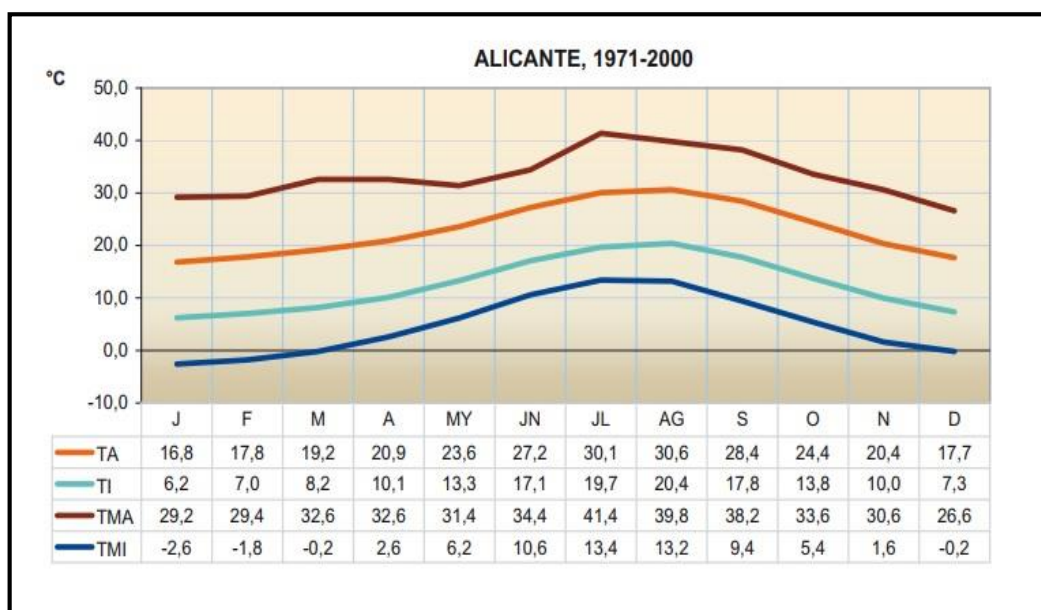


Figura 18: Evolución de temperaturas medias en la provincia de Alicante en el periodo 1971-2000.

Fuente: Atlas climático de AEMET (pag.31)

En la misma gráfica, observando los datos referentes a las temperaturas medias máximas, se ve que la temperatura supera los 27°C entre los meses de junio y septiembre, ambos incluidos. Con esto, se tiene una idea de los meses en los que hace falta instalar aire acondicionado.

Ahora, y para unos datos más precisos, se observa la evolución de temperaturas en Sella (Alicante) en el año 2016 desde la base de datos de AVAMET³⁰ (Associació Valenciana de Meteorologia). En esta base de datos se pueden encontrar las temperaturas medias anuales mes a mes, así como las temperaturas medias mensuales día a día. A continuación, se van a indicar los días entre los meses de junio y septiembre de 2016 en el que la temperatura exterior superó los 27°.

³⁰ Base de datos de la associació valenciana de meteorología, disponible en <http://www.ava-met.org/mx-mxo.php?id=c31m124e07>

Mes	Días con $T^a > 27^{\circ}\text{C}$
Junio	14
Julio	25
Agosto	22
Septiembre	12

Tabla 9: Días de Junio a Septiembre de 2016 en los que la temperatura máxima exterior superó los 27°C .

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de AVAMET

Para el dimensionamiento, en primer lugar, se calcula la demanda de aire acondicionado y se ve si con las placas fotovoltaicas calculadas para el primer supuesto se puede cubrir la demanda de aire acondicionado, ya que había superávit de producción, o si, por el contrario, se tienen que poner más placas solares fotovoltaicas.

Se ha realizado una estimación simplificada de la potencia del aparato basándose en la página web de caloryfrío³¹. Según esta página web, se puede hacer una estimación de la potencia en kW en función de los m^2 de superficie de la estancia.

Superficie a refrigerar (m^2)	Potencia de refrigeración
30-35	2.7
35-40	3
40-50	3.6
50-60	4.2

Tabla 10: Potencia mínima de refrigeración en función de los m^2 de superficie a refrigerar.

Fuente: Elaboración propia a partir de la página web de caloryfrío.

³¹Página web de caloryfrío para todo tipo de instalaciones y ahorro energético, disponible en <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/calculo-de-frigorias-aire-acondicionado.html>

Por tanto, como en total se tiene una superficie de 150 m², se ha estimado colocar un aparato de 3,6 kW como mínimo por cada 50 m² de superficie por lo que se tienen que instalar 3 aparatos en la vivienda.

Los aparatos a instalar son varios splits Mitsubishi MSZ-SF2 modelo SF42VE2 con una potencia nominal de 4,2 kW y un rendimiento (EER) de 3,13. Ver ficha técnica del producto en Anexo I: Fichas técnicas.

Al igual que en el supuesto anterior, también se tiene en cuenta el espacio que ocupan los colectores de ACS en cubierta, ya que la producción de ACS se realiza por aporte solar.

Se supone que todos los días en que la temperatura supera los 27°C, la vivienda está habitada y también, que el aire acondicionado está en funcionamiento unas 6 horas de media, ya que no se pueden estimar con precisión las horas de cada día en la que la temperatura supera los 27°C. Con esto ya se puede calcular la demanda de aire acondicionado para cada uno de los meses en kWh/día y kWh/mes.

Mes	Nº aparatos	Potencia (kW)	Ciclo diario (h/día)	Días/mes	Demanda diaria (kWh/día)	Demanda mensual (kWh/mes)
Junio	3	4.2	6	14	75.6	1058.4
Julio	3	4.2	6	25	75.6	1890.0
Agosto	3	4.2	6	22	75.6	1663.2
Septiembre	3	4.2	6	12	75.6	907.2

Tabla 11: Demanda diaria y mensual sin contar rendimientos en kWh para una instalación de aire acondicionado

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en las tablas.

En esta tabla está calculada la demanda mensual de aire acondicionado sin tener en cuenta el rendimiento (EER) que va incluido en la ficha técnica del aparato de aire acondicionado. La energía mensual final que consumiría vendría dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Energía mensual} = \frac{\text{Potencia} * \text{horas} * \text{días}}{\text{EER}}$$

Mes	Demanda mensual (kWh)	EER	Energía mensual (kWh)
Junio	1058.4	3.13	338.15
Julio	1890.0	3.13	603.83
Agosto	1663.2	3.13	531.37
Septiembre	907.2	3.13	289.84

Tabla 12: Energía mensual necesaria en kWh para un aparato de aire acondicionado en Sella (Alicante)

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 9.

Calculada la energía que consume el aire acondicionado mensualmente, se ha añadido esta demanda a la demanda de electrodomésticos e iluminación en los meses de junio a septiembre y se ha dibujado la curva de necesidades mensual con las 16 placas fotovoltaicas calculadas para ver si se puede cubrir dicha demanda o si hay que añadir más placas para poder cubrirla.

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	416.0	334.3
Febrero	449.0	334.3
Marzo	597.0	334.3
Abril	580.0	334.3
Mayo	636.0	334.3
Junio	646.0	672.5
Julio	674.0	938.1
Agosto	645.0	865.7
Septiembre	551.0	624.1
Octubre	511.0	334.3
Noviembre	406.0	334.3
Diciembre	365.0	334.3

Tabla 13: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado y producida con 4,24 kWp (16 placas)

Fuente: Elaboración propia

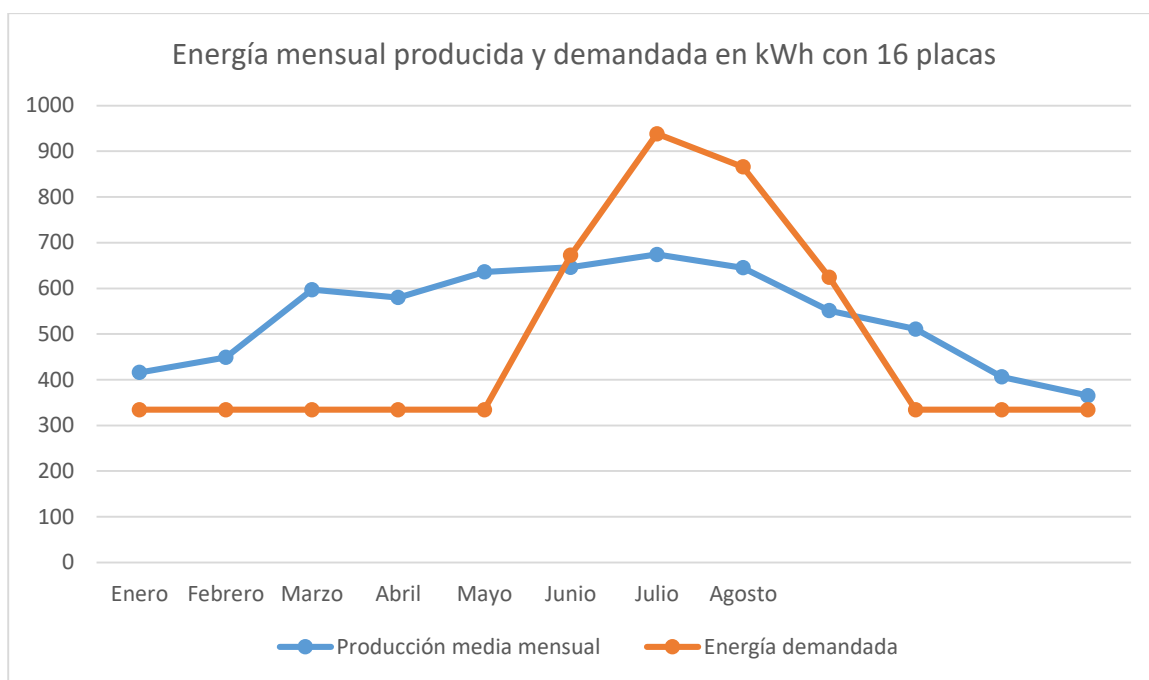


Figura 19: Gráfica de energía mensual producida con 16 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 13.

En la gráfica se observa que con las 16 placas fotovoltaicas instaladas no se tiene suficiente energía para cubrir la demanda de aire acondicionado, harían falta muchas más placas fotovoltaicas. Para saber cuántas placas harían falta se han hecho simulaciones en la plataforma PV-GIS hasta que ha salido el número de placas que hacen falta para cubrir la demanda total de aire acondicionado. Es importante destacar que el dimensionado está realizado basándose en los datos de temperaturas del año 2016.

Se ha realizado una simulación instalando 23 placas fotovoltaicas. Para ello en la plataforma PV-GIS se tiene que introducir una potencia de 6,095 kWp y se obtendrá la siguiente tabla:

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	19.30	597.00	3.99	124.00
Febrero	23.00	645.00	4.80	134.00
Marzo	27.70	858.00	5.90	183.00
Abril	27.80	834.00	6.01	180.00
Mayo	29.50	914.00	6.45	200.00
Junio	31.00	929.00	6.88	206.00
Julio	31.20	969.00	7.05	219.00
Agosto	29.90	927.00	6.77	210.00
Septiembre	26.40	792.00	5.88	176.00
Octubre	23.70	734.00	5.19	161.00
Noviembre	19.50	584.00	4.12	123.00
Diciembre	16.90	524.00	3.53	109.00
Media anual	25.5	776	5.55	169
Total para el año	9310		2030	

Tabla 14: Energía producida y radiación solar incidente para 6,095 kWp de potencia (23 placas).

Fuente: Elaboración propia a partir de la plataforma PV-GIS

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	597.0	334.3
Febrero	645.0	334.3
Marzo	858.0	334.3
Abril	834.0	334.3
Mayo	914.0	334.3
Junio	929.0	672.5
Julio	969.0	938.1
Agosto	927.0	865.7
Septiembre	792.0	624.1
Octubre	734.0	334.3
Noviembre	584.0	334.3
Diciembre	524.0	334.3

Tabla 15: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado y producida con 6,095 kWp (23 placas).

Fuente: Elaboración propia

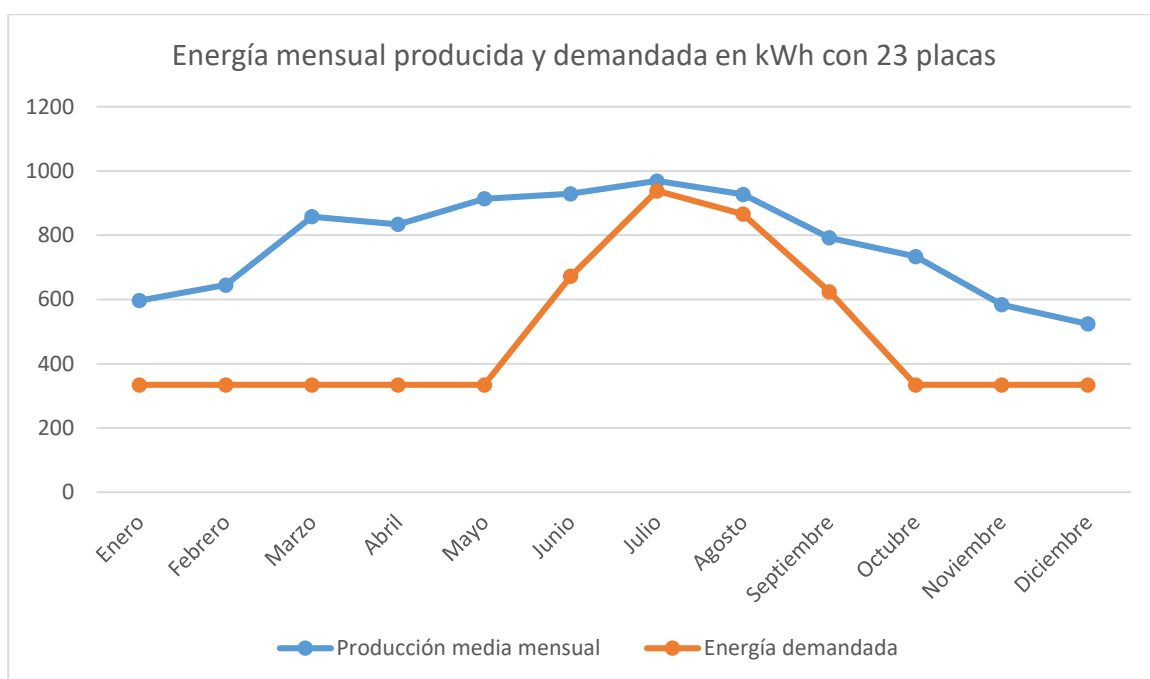


Figura 20: Gráfica de energía mensual producida con 23 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 15.

Ahora con 23 placas fotovoltaicas sí que se cubriría el 100% de la demanda de la vivienda. Ahora se observa cómo quedaría la distribución de estas en cubierta.

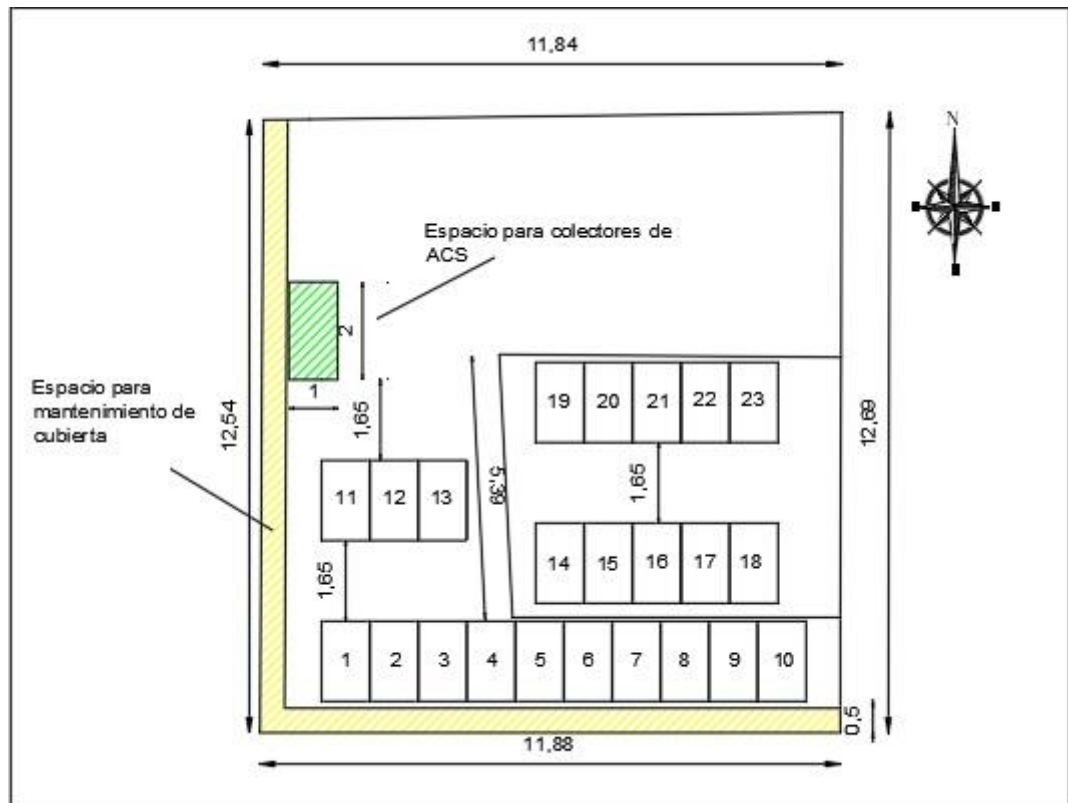


Figura 21: Distribución de las placas fotovoltaicas en cubierta para la simulación A.2.

Fuente: Elaboración propia.

Para la distribución en cubierta en esta simulación, la mejor solución sería quitar del espacio de encima del torreón el espacio reservado para colectores de ACS y aprovechar al máximo ese espacio para las placas solares fotovoltaicas para una mejor distribución y para evitar las sombras que produce el mismo torreón.

5.3.3. SIMULACIÓN A.3: INSTALACIÓN DE ACS POR AEROTERMIA.

En esta simulación se ha considerado que la demanda de ACS se cubre por aerotermia (bomba de calor aire-agua). Esta simulación es independiente del anterior, por lo que se añade la demanda de ACS a la demanda estándar calculada en el supuesto 1, no teniendo en cuenta la instalación de aire acondicionado.

En primer lugar, se ha calculado la demanda de ACS diaria en función de los habitantes y el consumo eléctrico de ACS por aerotermia para cada mes del año. Para ello se ha cogido un modelo de un fabricante de bombas de calor aire-agua. En este caso se ha elegido un modelo de la marca Ariston, el NUOS EVO 110. Ver ficha técnica en Anexo I: Fichas técnicas.

Una vez calculada la demanda, se ha sumado la demanda estándar lineal calculada en el primer supuesto y se ha visto si con las 16 placas calculadas se puede cubrir. En caso de que no se pueda cubrir, se irá aumentando el número de placas de nuestra instalación hasta cubrir dicha demanda.

Se considera para el cálculo de la demanda de ACS 4 habitantes por vivienda de media. La demanda diaria de ACS en l/d se saca de la tabla 4.1 del DB-HE 4

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Tabla 16: Demanda de l/d por persona en función del tipo de vivienda.**Fuente: CTE DB-HE 4**

Por tanto, la demanda de ACS diaria en l/d sería:

$$28 \text{ (l/d)/hab} \times 4 \text{ hab} = 112 \text{ l/d}$$

Calculada la demanda de ACS en l/d se puede calcular el consumo mensual de una bomba de calor aire-agua para cada mes del año. El consumo de energía en Wh se determinaría mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{Q \times c \times (t_2 - t_1)}{n}$$

Donde:

- Q = Caudal de acs en l/d.
- c = Calor específico del agua (1,163 Wh/kg°C)
- t_2 = Temperatura de salida del agua (60°C)
- t_1 = Temperatura de entrada del agua.
- n = Rendimiento de la bomba de calor (será el proporcionado por el fabricante en función de la marca y el modelo)

Con esto y con los datos proporcionados por el fabricante de la bomba se obtienen los siguientes datos:

	Días	Tª amb. °C	COP	Necesidad energética (kWh/día)	Demanda (kWh/mes)	Consumo energía (kWh)
Enero	31	11.3	2.9	6.8	210.8	72.7
Febrero	28	11.9	2.9	6.7	187.6	64.7
Marzo	31	14.3	3.1	6.5	201.5	65.0
Abril	30	16.2	3.2	6.4	192.0	60.0
Mayo	31	19.3	3.4	6.1	189.1	55.6
Junio	30	23.5	3.7	5.8	174.0	47.0
Julio	31	25.7	3.8	5.6	173.6	45.7
Agosto	31	26.2	3.8	5.6	173.6	45.7
Septiembre	30	23.8	3.7	5.7	171.0	46.2
Octubre	31	20.0	3.4	6.1	189.1	55.6
Noviembre	30	15.0	3.1	6.5	195.0	62.9
Diciembre	31	12.1	3.0	6.7	207.7	69.2
Año	365	18.3	3.3	6.2	2263.0	685.8

Tabla 17: Tabla consumo de energía en función del COP y la Tª ambiente exterior para la bomba de calor NUOS EVO 110 de la marca ARISTON.

Fuente: Elaboración propia a partir de la ficha técnica del producto.

Por tanto, ya se tendría el consumo energético de la bomba de calor para aerotermia para cada mes del año. El consumo energético se obtiene dividiendo la demanda mensual entre el COP de cada mes. El COP es un coeficiente que mide el rendimiento de las bombas

de calor y que da la relación entre la potencia suministrada y la potencia consumida. Se obtiene en función de las temperaturas ambientes exteriores medias para cada mes de al año.

Ahora que ya se ha obtenido el consumo mensual de la bomba de calor, se calcula la demanda mensual total en cada mes del año y se compara con la producción de las 16 placas de la demanda estándar.

	Demanda lineal	Demanda aeroterminia	Demanda total
Enero	334.3	72.70	407.00
Febrero	334.3	64.70	399.00
Marzo	334.3	65.00	399.30
Abril	334.3	60.00	394.30
Mayo	334.3	55.60	389.90
Junio	334.3	47.00	381.30
Julio	334.3	45.70	380.00
Agosto	334.3	45.70	380.00
Septiembre	334.3	46.20	380.50
Octubre	334.3	55.60	389.90
Noviembre	334.3	62.90	397.20
Diciembre	334.3	69.20	403.50

Tabla 18: Demanda total en una vivienda en Sella (Alicante) de electrodomésticos, iluminación y bomba de calor por aeroterminia.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora se calcula la curva de necesidades en función de esa demanda.

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	416.00	407.00
Febrero	449.00	399.00
Marzo	597.00	399.30
Abril	580.00	394.30
Mayo	636.00	389.90
Junio	646.00	381.30
Julio	674.00	380.00
Agosto	645.00	380.00
Septiembre	551.00	380.50
Octubre	511.00	389.90
Noviembre	406.00	397.20
Diciembre	365.00	403.50

Tabla 19: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia y producida con 4,24 kWp (16 placas).

Fuente: Elaboración propia.

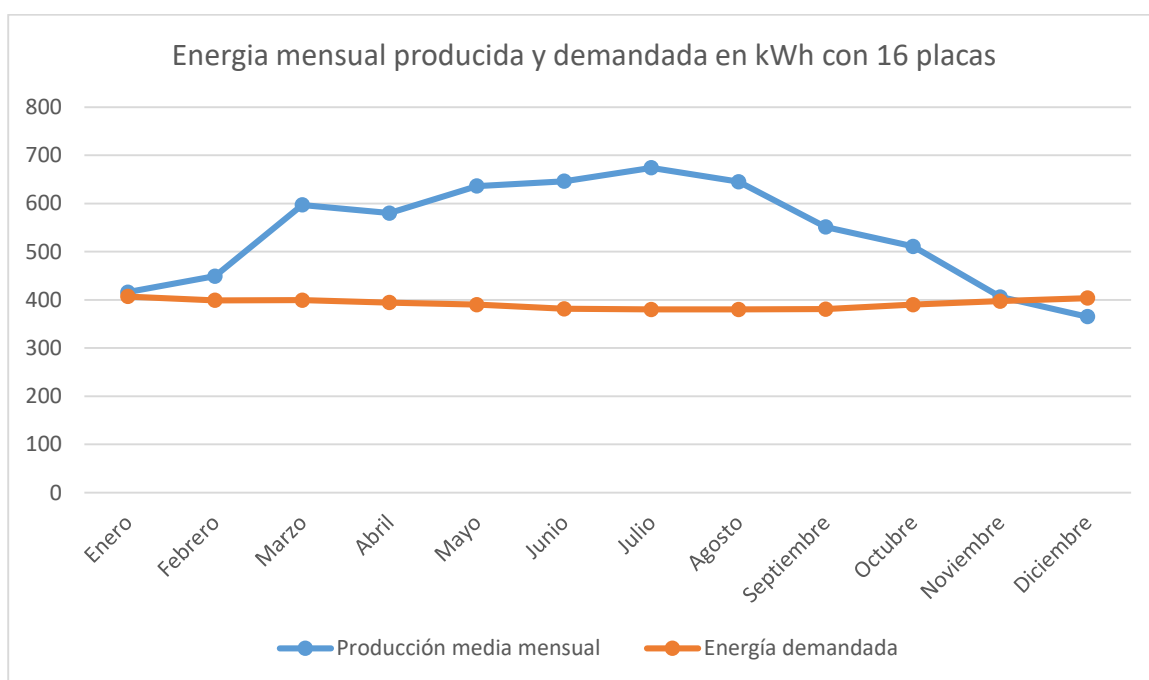


Figura 22: Gráfica de energía mensual producida con 16 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 19.

Como se observa en la gráfica, con las 16 placas instaladas se ha cubierto toda la demanda anual de aerotermia a excepción del mes de diciembre. Por lo tanto, se tienen que añadir más placas fotovoltaicas en la base de datos PV-GIS hasta cubrir la totalidad de la demanda. Añadiendo dos placas más, es decir con 18 placas, se obtiene lo siguiente:

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	15.10	468.00	3.99	124.00
Febrero	18.00	505.00	4.80	134.00
Marzo	21.70	672.00	5.90	183.00
Abril	21.80	653.00	6.01	180.00
Mayo	23.10	715.00	6.45	200.00
Junio	24.20	727.00	6.88	206.00
Julio	24.50	758.00	7.05	219.00
Agosto	23.40	726.00	6.77	210.00
Septiembre	20.70	620.00	5.88	176.00
Octubre	18.50	575.00	5.19	161.00
Noviembre	15.20	457.00	4.12	123.00
Diciembre	13.20	410.00	3.53	109.00
Media anual	20	607	5.55	169
Total para el año	6470		2030	

Tabla 20: : Energía producida y radiación solar incidente para 4,77 kWp de potencia (18 placas).

Fuente: Elaboración propia a través de la plataforma PV-GIS

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	468.00	407.00
Febrero	505.00	399.00
Marzo	672.00	399.30
Abril	653.00	394.30
Mayo	715.00	389.90
Junio	727.00	381.30
Julio	758.00	380.00
Agosto	726.00	380.00
Septiembre	620.00	380.50
Octubre	575.00	389.90
Noviembre	457.00	397.20
Diciembre	410.00	403.50

Tabla 21: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia y producida con 4,77 kWp (18 placas).

Fuente: Elaboración propia.

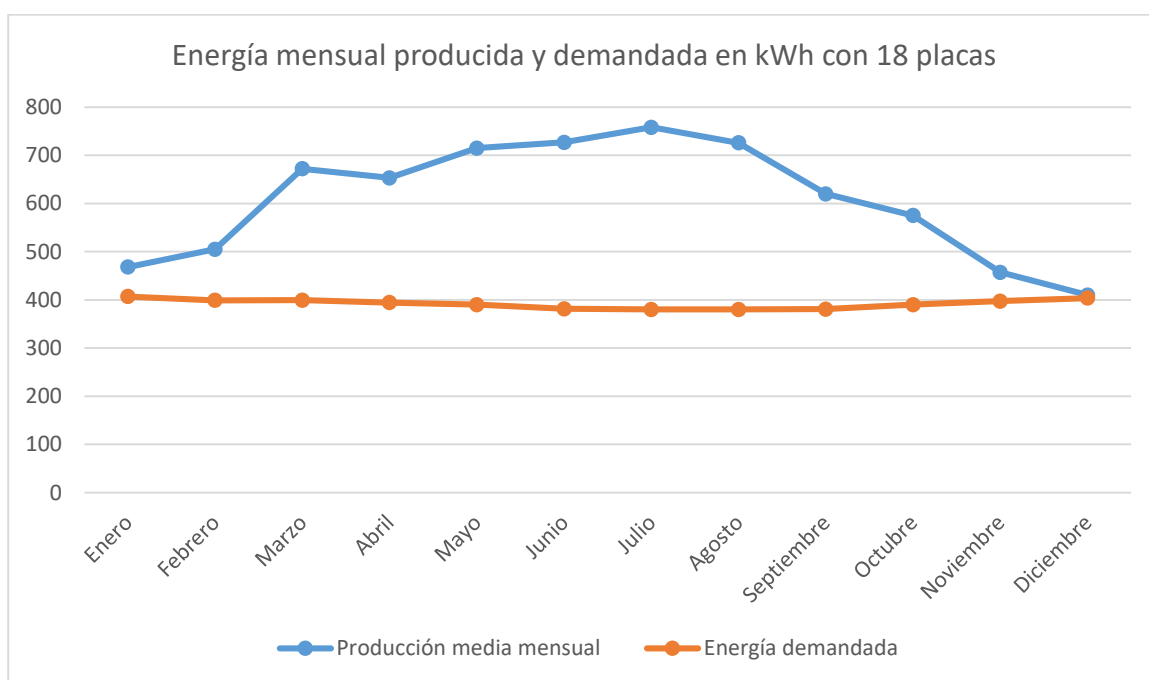


Figura 23: Gráfica de energía mensual producida con 18 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 21.

Ahora con 18 placas sí que se cubriría la totalidad de la demanda anual de aerotermia. Se podría añadir otra placa más para no ir tan justa la producción, ya que con 18 placas se cubre la totalidad de la demanda, pero en el mes de diciembre la cubre por muy poco. El añadir una placa más o no dependerá de la decisión del propietario de dichas placas, aunque si se mira la producción a lo largo de todo al año, se ve que hay un superávit importante de producción.

Al añadir dos placas fotovoltaicas más, la distribución de estas quedaría de la siguiente manera:

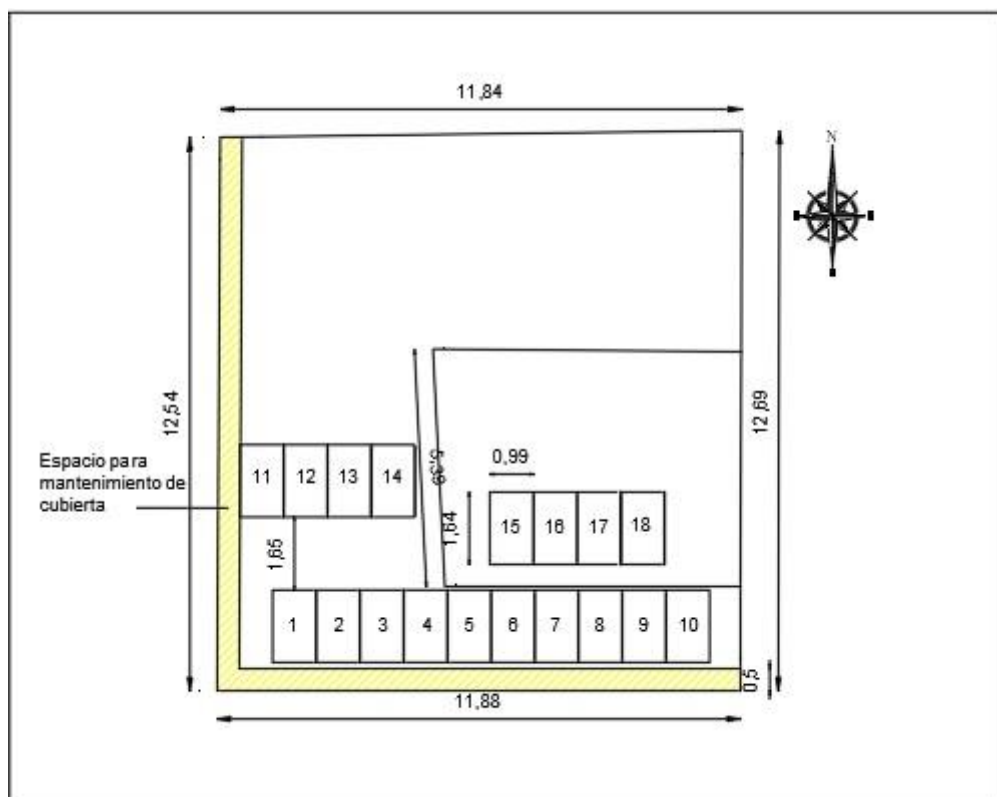


Figura 24: Distribución de las placas fotovoltaicas para el supuesto A.3.

Fuente: Elaboración propia.

5.4. SUPUESTO 2: CÁLCULO DE PANELES FOTOVOLTAICOS NECESARIOS PARA UNA INSTALACIÓN CONECTADA A LA RED.

Realizados los supuestos para una instalación aislada de la red, se han calculado las placas fotovoltaicas que harían falta para cubrir la demanda de una instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica. Para realizar dicha comparativa, se han realizado las mismas simulaciones que en la instalación aislada, y para el cálculo se ha supuesto que no se vierte energía a la red eléctrica, por lo que la curva de producción fotovoltaica se tiene que quedar por debajo de la curva de demanda.

5.4.1. SIMULACIÓN B.1: DEMANDA LINEAL Y INSTALACIÓN DE ACS POR APOORTE SOLAR. SIMULACIÓN CON Y SIN BATERÍAS.

Para realizar los cálculos en este supuesto, se ha estimado la misma demanda lineal que en la instalación aislada. Para ello, se ha utilizado la misma estimación de demanda.

Aparato eléctrico	Uds	Potencia (W)		Ciclo diario (h/día)	Ciclo mensual	Demanda energética diaria (Wh/día)	Demanda energética mensual (kWh/mes)
Bombillas fluorescentes de 5W	18	5	90	6	12	540	16.20
Bombillas fluorescentes 12 W	7	12	84	6	12	504	15.12
Bombillas halógenas	8	35	280	6	12	1680	50.40
Televisor 130 W	3	130	390	5	12	1950	58.50
Radio	1	22	22	1	12	22	0.66
Minicadena	1	15	15	1	12	15	0.45
Lavadora	1	1000	1000	1	12	1000	30.00
Frigorífico con congelador	1	350	350	12	12	4200	126.00
Lavavajillas	1	1930	1930	1	12	1930	57.90
Microondas	1	900	900	1	12	900	27.00
Ordenador de sobremesa	1	300	300	3	12	900	27.00
Wifi	1	12	12	24	12	288	8.64
			5373			13929	417.87

Tabla 22: Estimación de demanda energética de una vivienda tipo en Sella (Alicante).

Fuente: Elaboración propia.

Para los cálculos, al igual que en el supuesto anterior, se ha supuesto una reducción de la demanda de un 20%, ya que no todos los aparatos estarán conectados de forma simultánea. Para este supuesto, se dispone de una plataforma online de EnerAgen en la que introduciendo una serie de datos calcula la potencia necesaria a instalar en función de la demanda mensual y la zona climática. Los datos que se han introducido son los siguientes:

- Provincia: Alicante
- Municipio: Sella
- Tarifa contratada: 2.0 A
- Consumo eléctrico medio mensual: $417,87 \times 0,8 = 334,296$ kWh

Antes de obtener los resultados, la plataforma da la posibilidad de calcular la instalación con baterías o sin baterías. En este supuesto, se ha comprobado de ambas formas.

Primeramente, se ha calculado la instalación con baterías y se han obtenido los siguientes resultados:

Características de la instalación fotovoltaica	
Potencia fotovoltaica a instalar	1.56 kWp
Superficie de tejado libre de sombras necesaria	10.95-15.65 m ²
Capacidad útil de la batería	3.05 kWh
Electricidad anual consumida	4011.55 kWh/año
Electricidad generada por la instalación de autoconsumo	2140.36 kWh/año
Electricidad generada autoconsumida.	2140.36 kWh/año
Electricidad vertida a la red	0 kWh/año
Electricidad demandada de la red	1871.19 kWh/año
Aporte de la batería	> 545.61 kWh/año
% del consumo eléctrico anual cubierto por la instalación de autoconsumo	> 53.40%

Tabla 23: Características de la instalación fotovoltaica con baterías para una demanda de electrodomésticos e iluminación de una vivienda en Sella (Alicante).

Fuente: Elaboración propia a partir de la plataforma de EnerAgen.

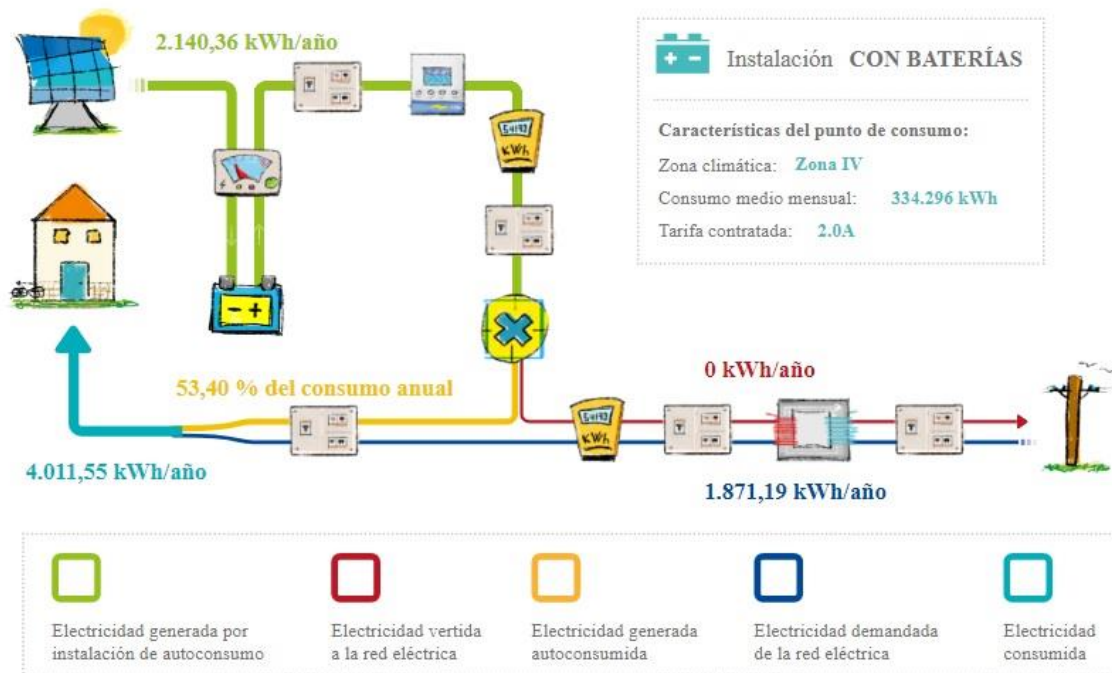


Figura 25: Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red con baterías.

Fuente: EnerAgen

Como se observa en la tabla, la potencia fotovoltaica mínima que se tiene que instalar es de 1,56 kWp. Por tanto, conocida la potencia pico se puede calcular el número de placas necesarias:

$$1560 \text{ Wp} / 265 \text{ W} = 5,89 \approx \mathbf{6 \text{ placas fotovoltaicas}}$$

El resultado se redondea por arriba ya que para obtener las placas se ha realizado el cálculo a partir de la potencia mínima necesaria. Sabiendo que se tienen que instalar 6 placas, introduciendo los datos en la plataforma PV-GIS, se obtiene la producción eléctrica de dichas placas a lo largo del año y la curva de producción. Los datos obtenidos de PV-GIS son:

- Tecnología FV: Silicio cristalino.
- Potencia FV pico instalada: $265 \times 6 \text{ placas} = 1590 \text{ Wp} = \mathbf{1,59 \text{ kWp}}$
- Pérdidas estimadas: 14%
- Posición de montaje: Posición libre
- Inclinación: 34°

- Acimut: 0°

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	5.03	156.00	3.99	124.00
Febrero	6.01	168.00	4.80	134.00
Marzo	7.22	224.00	5.90	183.00
Abril	7.25	218.00	6.01	180.00
Mayo	7.69	238.00	6.45	200.00
Junio	8.08	242.00	6.88	206.00
Julio	8.15	253.00	7.05	219.00
Agosto	7.80	242.00	6.77	210.00
Septiembre	6.88	207.00	5.88	176.00
Octubre	6.18	192.00	5.19	161.00
Noviembre	5.08	152.00	4.12	123.00
Diciembre	4.41	137.00	3.53	109.00
Media anual	6.65	202	5.55	169
Total para el año	2430		2030	

Tabla 24: Energía producida y radiación solar incidente para 1,59 kWp de potencia (6 placas).

Fuente: Elaboración propia a partir de la plataforma PV-GIS

Mes	Ed (kWh)	Demanda diaria (kWh)
Enero	5.03	11.14
Febrero	6.01	11.14
Marzo	7.22	11.14
Abril	7.25	11.14
Mayo	7.69	11.14
Junio	8.08	11.14
Julio	8.15	11.14
Agosto	7.80	11.14
Septiembre	6.88	11.14
Octubre	6.18	11.14
Noviembre	5.08	11.14
Diciembre	4.41	11.14

Tabla 25: Energía media diaria demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 1,59 kWp (6 placas). Instalación conectada a la red con baterías.

Fuente: Elaboración propia.

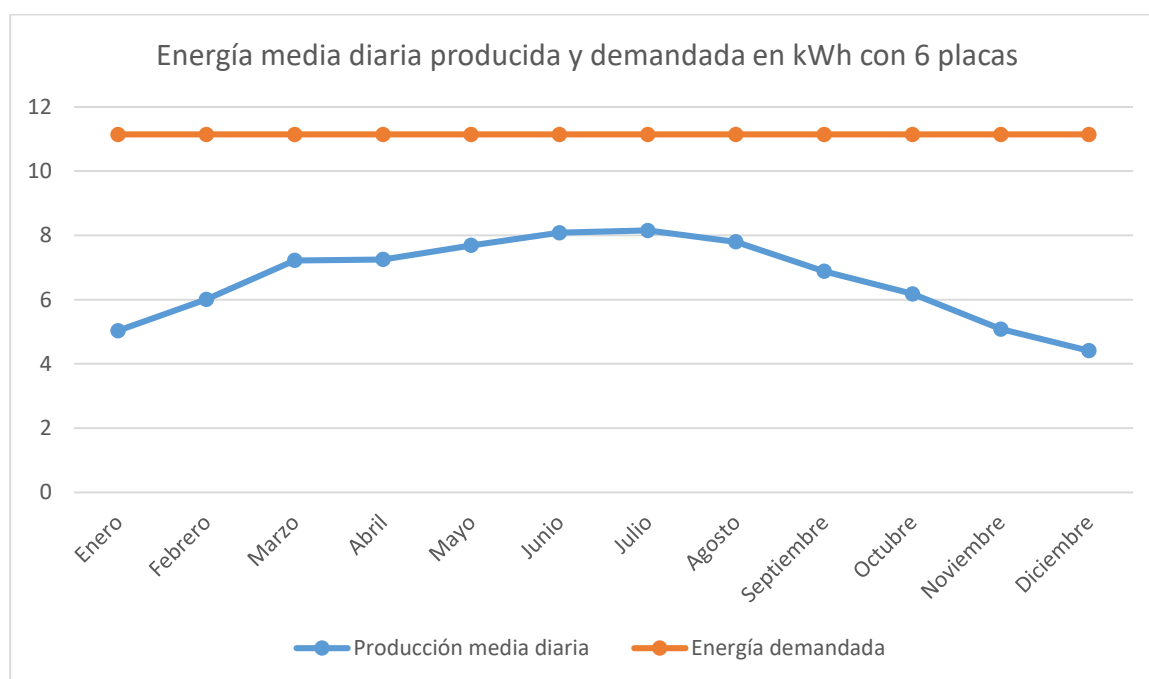


Figura 26: Gráfica de energía media diaria producida con 6 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red con baterías.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 25.

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	156.00	334.3
Febrero	168.00	334.3
Marzo	224.00	334.3
Abril	218.00	334.3
Mayo	238.00	334.3
Junio	242.00	334.3
Julio	253.00	334.3
Agosto	242.00	334.3
Septiembre	207.00	334.3
Octubre	192.00	334.3
Noviembre	152.00	334.3
Diciembre	137.00	334.3

Tabla 26: Energía media mensual demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 1,59 kWp (6 placas). Instalación conectada a la red con baterías.

Fuente: Elaboración propia

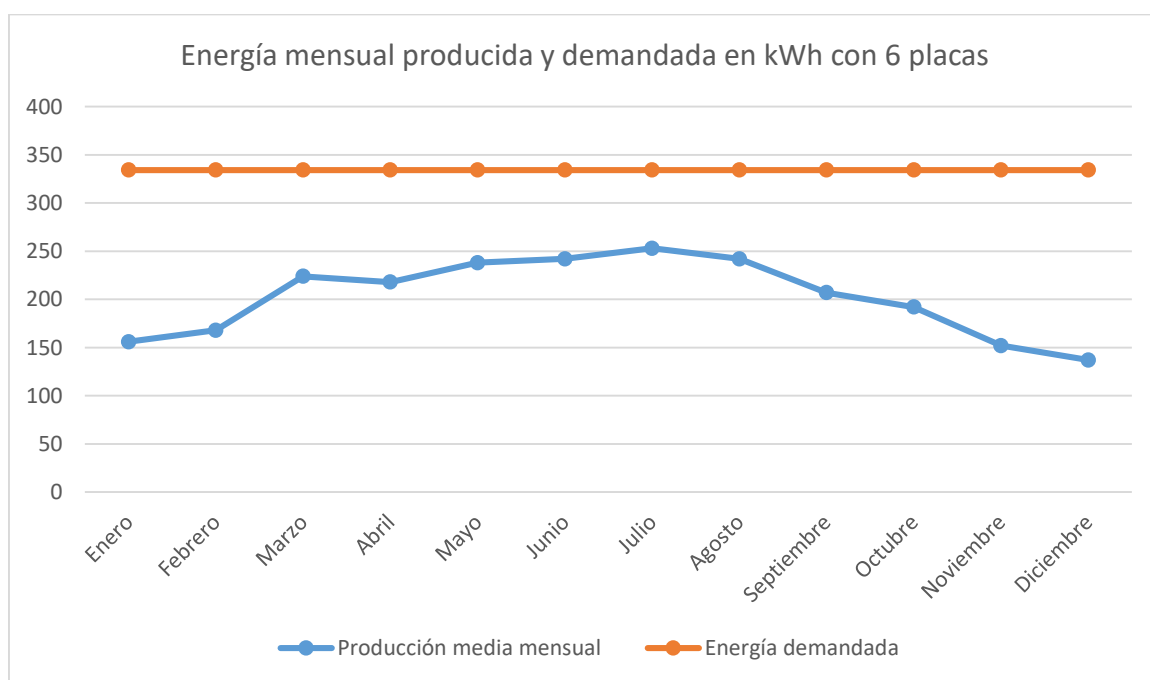


Figura 27: Gráfica de energía mensual producida con 6 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red con baterías.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 26.

Como se observa en los gráficos, la energía demandada está muy por encima de la energía que se produce con las placas fotovoltaicas instaladas. La energía restante para cubrir la demanda requerida se cogerá de la red eléctrica y de esta forma se tiene que verter energía a la red.

El aporte de energía de la red para cada mes del año sería el siguiente:

Mes	Demanda mensual (kWh)	Producción fotovoltaica	Energía consumida de la red
Enero	334.3	156.0	178.3
Febrero	334.3	168.0	166.3
Marzo	334.3	224.0	110.3
Abril	334.3	218.0	116.3
Mayo	334.3	238.0	96.3
Junio	334.3	242.0	92.3
Julio	334.3	253.0	81.3
Agosto	334.3	242.0	92.3
Septiembre	334.3	207.0	127.3
Octubre	334.3	192.0	142.3
Noviembre	334.3	152.0	182.3
Diciembre	334.3	137.0	197.3

Tabla 27: Energía producida y vertida a la red en kWh con 6 placas fotovoltaicas para cubrir demanda de electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red con baterías.

Fuente: Elaboración propia

Y la distribución de las placas en cubierta quedaría de la siguiente forma:

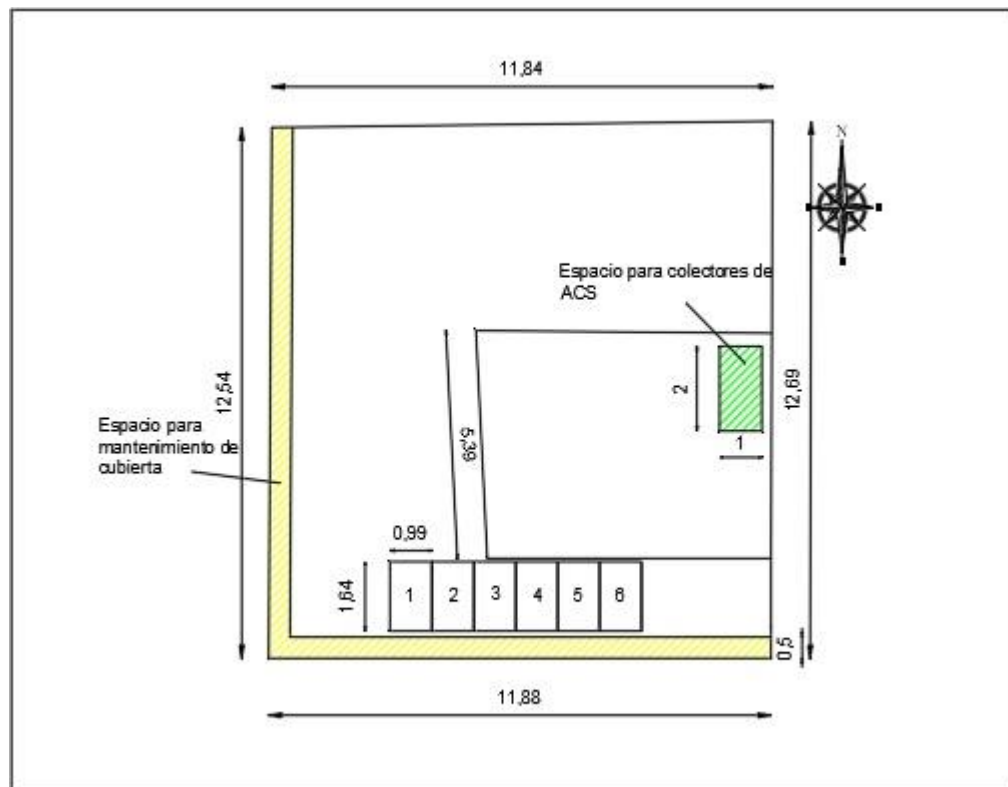


Figura 28: Distribución de placas fotovoltaicas en cubierta para el supuesto B.1 con baterías.

Fuente: Elaboración propia

Después se han realizado los mismos cálculos, pero sin baterías. Introduciendo los mismos datos en la plataforma de EnerAgen, se ha obtenido:

Características de la instalación fotovoltaica	
Potencia fotovoltaica a instalar	0.96 kWp
Superficie de tejado libre de sombras necesaria	6.74-9.63 m ²
Electricidad anual consumida	4011.55 kWh/año
Electricidad generada por la instalación de autoconsumo	1386.87 kWh/año
Electricidad generada autoconsumida	1347.44 kWh/año
Electricidad vertida a la red	39.43 kWh/año
Electricidad demandada de la red	2664.11 kWh/año
% del consumo eléctrico anual cubierto por la instalación de autoconsumo	> 33,60 %
% de la energía generada vertida a la red	> 2,84 %

Tabla 28: Características de la instalación fotovoltaica sin baterías para una demanda de electrodomésticos e iluminación de una vivienda en Sella (Alicante).

Fuente: Elaboración propia a partir de la plataforma de EnerAgen.

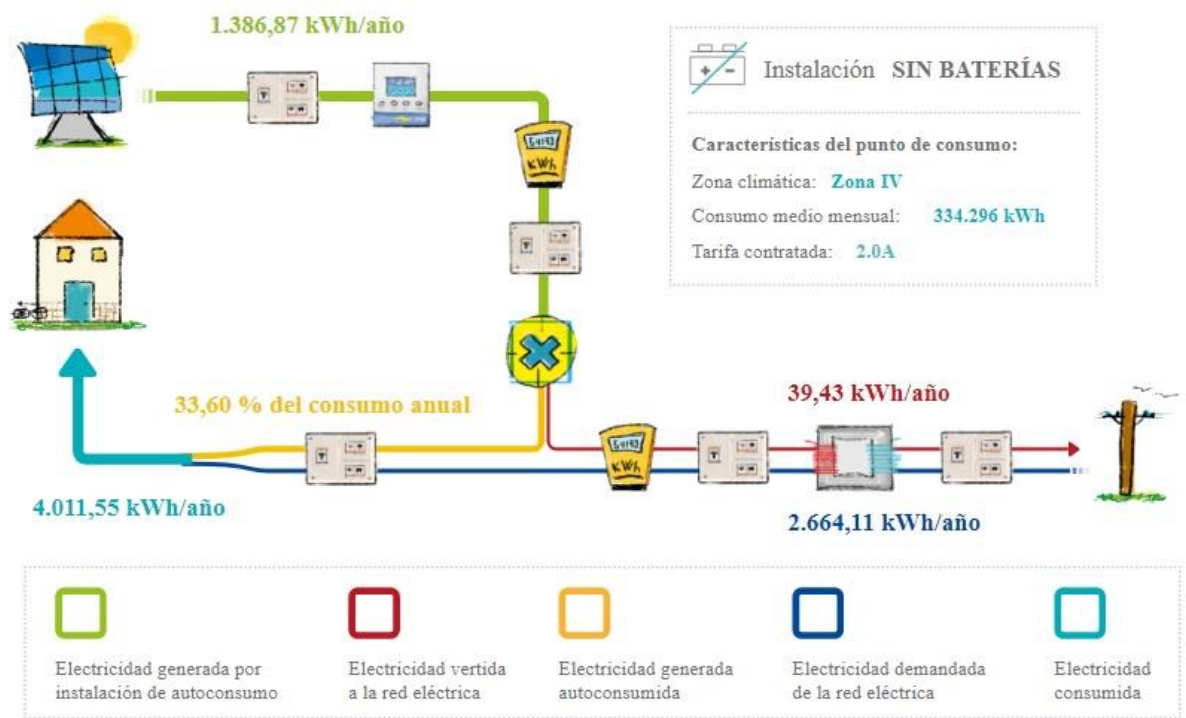


Figura 29: Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red sin baterías.

Fuente: EnerAgen

Por tanto, con una potencia pico a instalar de 0,96 kWp se obtiene:

$$960 \text{ Wp} / 265 \text{ W} = 3.62 \approx \mathbf{4 \text{ placas fotovoltaicas}}$$

Calculadas las placas necesarias, se ha calculado la producción eléctrica de dichas placas en PV-GIS:

- Tecnología FV: Silicio cristalino.
- Potencia FV pico instalada: $265 \times 4 \text{ placas} = 1060 \text{ Wp} = \mathbf{1,06 \text{ kWp}}$
- Pérdidas estimadas: 14%
- Posición de montaje: Posición libre
- Inclinación: 34°
- Acimut: 0°

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	3.35	104.00	3.99	124.00
Febrero	4.01	112.00	4.80	134.00
Marzo	4.82	149.00	5.90	183.00
Abril	4.83	145.00	6.01	180.00
Mayo	5.13	159.00	6.45	200.00
Junio	5.39	162.00	6.88	206.00
Julio	5.43	168.00	7.05	219.00
Agosto	5.20	161.00	6.77	210.00
Septiembre	4.59	138.00	5.88	176.00
Octubre	4.12	128.00	5.19	161.00
Noviembre	3.38	102.00	4.12	123.00
Diciembre	2.94	91.20	3.53	109.00
Media anual	4.43	135	5.55	169
Total para el año	1620		2030	

Tabla 29: Energía producida y radiación solar incidente para 1,06 kWp de potencia (4 placas).

Fuente: Elaboración propia a partir de la plataforma PV-GIS.

Mes	Ed (kWh)	Demanda diaria (kWh)
Enero	3.35	11.14
Febrero	4.01	11.14
Marzo	4.82	11.14
Abril	4.83	11.14
Mayo	5.13	11.14
Junio	5.39	11.14
Julio	5.43	11.14
Agosto	5.20	11.14
Septiembre	4.59	11.14
Octubre	4.12	11.14
Noviembre	3.38	11.14
Diciembre	2.94	11.14

Tabla 30: Energía media diaria demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 1,06 kWp (4 placas). Instalación conectada a la red sin baterías.

Fuente: Elaboración propia.

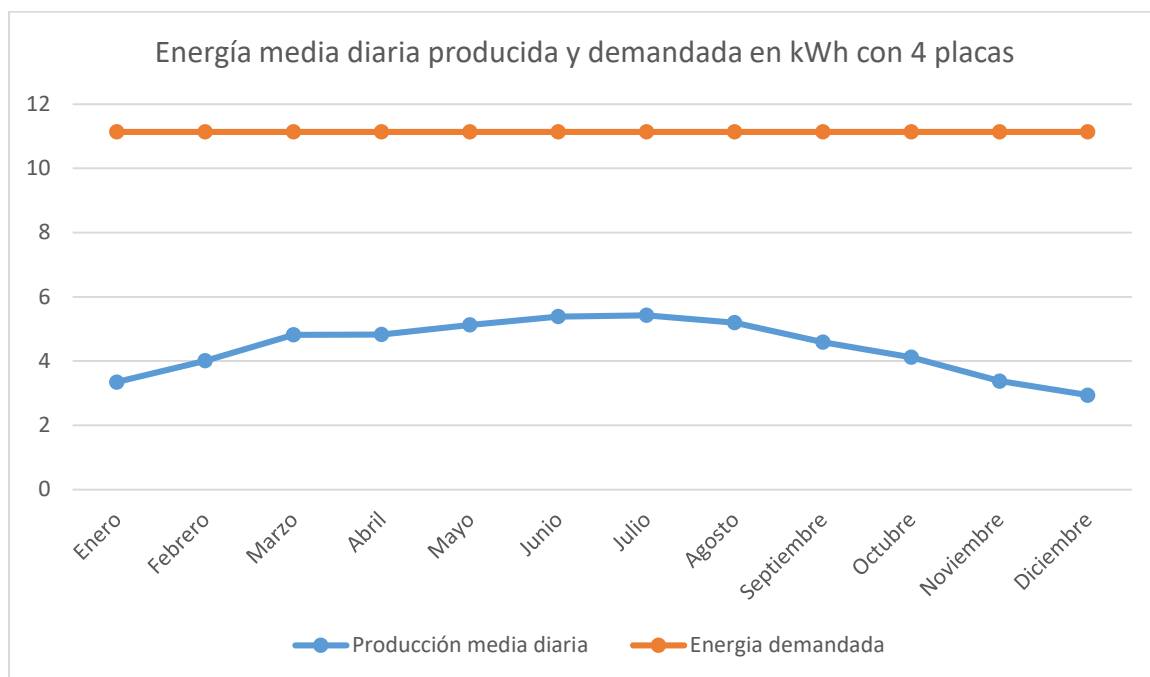


Figura 30: Gráfica de energía media diaria producida con 4 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red sin baterías.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 30.

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	104.00	334.30
Febrero	112.00	334.30
Marzo	149.00	334.30
Abril	145.00	334.30
Mayo	159.00	334.30
Junio	162.00	334.30
Julio	168.00	334.30
Agosto	161.00	334.30
Septiembre	138.00	334.30
Octubre	128.00	334.30
Noviembre	102.00	334.30
Diciembre	91.20	334.30

Tabla 31: Energía mensual demandada para electrodomésticos e iluminación y producida con 1,06 kWp (4 placas). Instalación conectada a la red sin baterías.

Fuente: Elaboración propia.

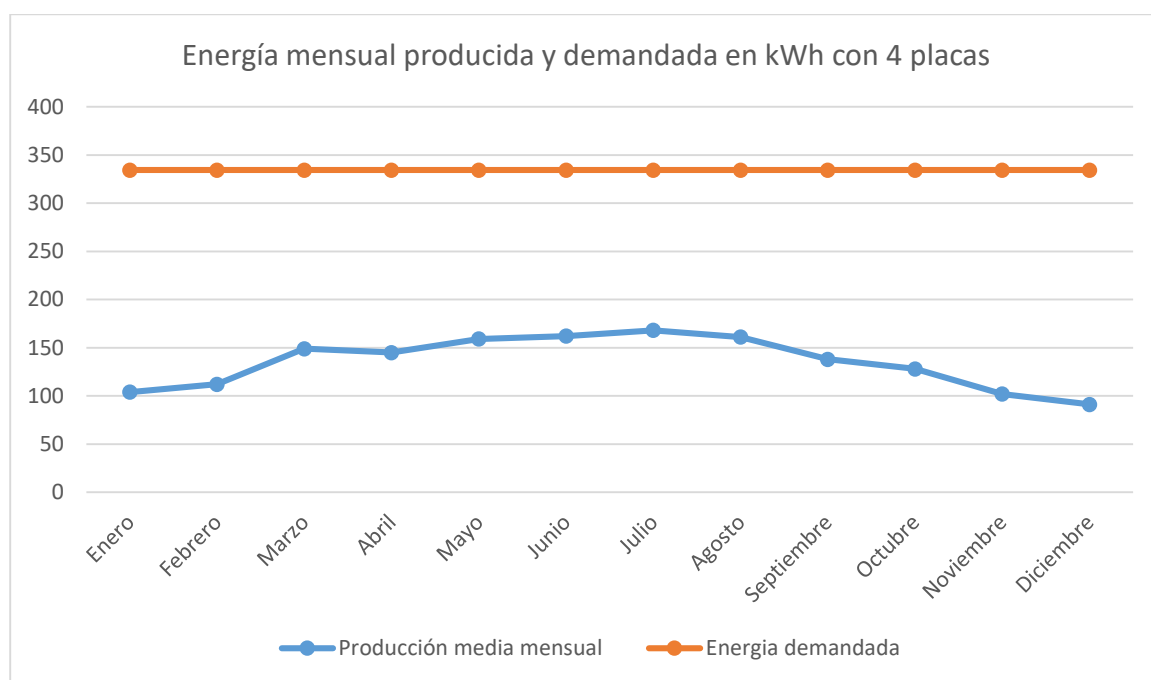


Figura 31: Gráfica de energía mensual producida con 4 placas fv. y demandada para electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red sin baterías.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 31.

Con un consumo de la red para cada mes del año de:

Mes	Demanda mensual (kWh)	Producción fotovoltaica	Energía consumida de la red
Enero	334.3	104.0	230.3
Febrero	334.3	112.0	222.3
Marzo	334.3	149.0	185.3
Abril	334.3	145.0	189.3
Mayo	334.3	159.0	175.3
Junio	334.3	162.0	172.3
Julio	334.3	168.0	166.3
Agosto	334.3	161.0	173.3
Septiembre	334.3	138.0	196.3
Octubre	334.3	128.0	206.3
Noviembre	334.3	102.0	232.3
Diciembre	334.3	91.2	243.1

Tabla 32: Energía producida y consumida de la red en kWh con 4 placas fotovoltaicas para cubrir demanda de electrodomésticos e iluminación. Instalación conectada a la red sin baterías.

Fuente: Elaboración propia.

Y en cubierta quedarían distribuidas como se observa en la imagen:

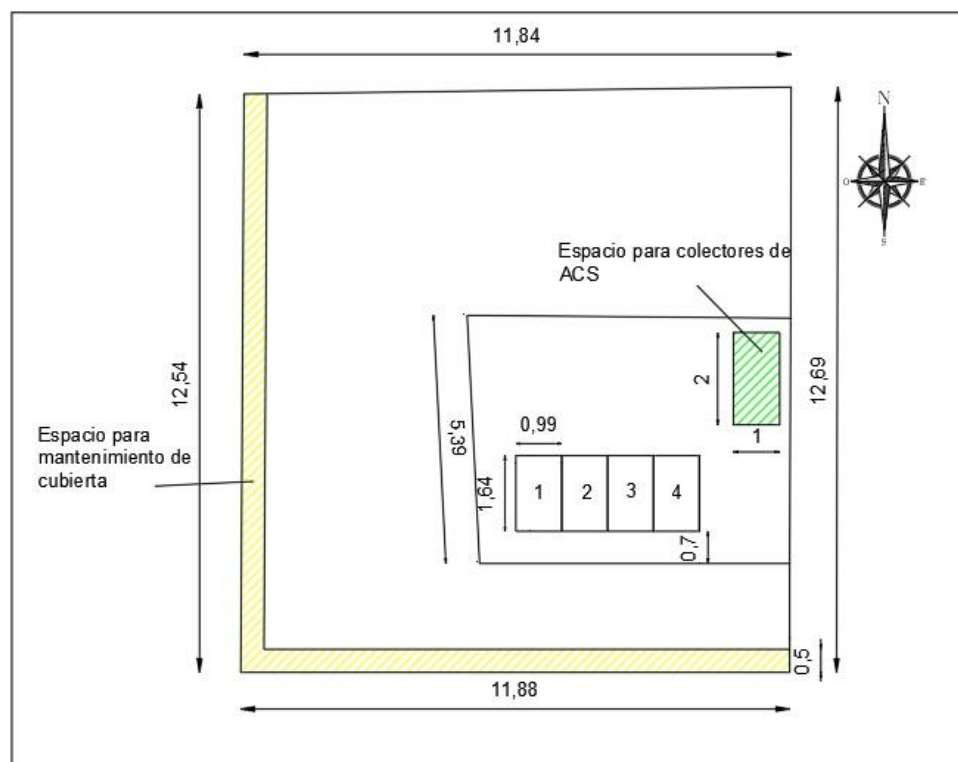


Figura 32: Distribución de placas fotovoltaicas en cubierta para el supuesto B.1 sin baterías.

Fuente: Elaboración propia.

Las placas fotovoltaicas irían colocadas todas encima del torreón, ya que es el punto de más altura de la cubierta y, por tanto, todavía se aprovecha más la radiación solar incidente sobre éstas.

En este primer supuesto se ha dimensionado basándose en los datos estimados en la plataforma EnerAgen. Pero esta plataforma solo estima la potencia a instalar en función de una demanda mensual fija, por lo que los otros supuestos no se pueden realizar mediante esta plataforma.

5.4.2. SIMULACIÓN B.2: INSTALACIÓN ACS CON APOORTE SOLAR Y INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.

En el cálculo de los paneles fotovoltaicos para este supuesto, se han introducido paneles en la base de datos de PV-GIS y se ha ido comprobando la curva de necesidades energéticas hasta que toda la producción fotovoltaica ha quedado por debajo de la curva de demanda.

En este supuesto, al contrario que en el anterior, no se tiene una demanda lineal por lo que no se va a utilizar la plataforma de EnerAgen para calcular la potencia fotovoltaica mínima a instalar. Por tanto, únicamente se procurará que la curva de producción quede totalmente por debajo de la curva de demanda para haya vertido 0 a la red eléctrica.

La demanda que se tenía para este supuesto añadiendo aire acondicionado los días de verano era la siguiente:

Mes	Demanda mensual (kWh)
Enero	334.3
Febrero	334.3
Marzo	334.3
Abril	334.3
Mayo	334.3
Junio	672.5
Julio	938.1
Agosto	865.7
Septiembre	624.1
Octubre	334.3
Noviembre	334.3
Diciembre	334.3

Tabla 33: Demanda mensual de electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado para una vivienda en Sella (Alicante).

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la instalación aislada se tenían instaladas 23 placas fotovoltaicas, que era el mínimo para que la producción quedara por encima de la demanda. Partiendo de esta base, se ha observado la curva de necesidades si instalamos 10 paneles.

Se va a la base de datos de PV-GIS y se introduce una potencia de 2,65 kWp. Se obtiene lo siguiente:

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	8.38	260.00	3.99	124.00
Febrero	10.00	281.00	4.80	134.00
Marzo	12.00	373.00	5.90	183.00
Abril	12.10	363.00	6.01	180.00
Mayo	12.80	397.00	6.45	200.00
Junio	13.50	404.00	6.88	206.00
Julio	13.60	421.00	7.05	219.00
Agosto	13.00	403.00	6.77	210.00
Septiembre	11.50	344.00	5.88	176.00
Octubre	10.30	319.00	5.19	161.00
Noviembre	8.46	254.00	4.12	123.00
Diciembre	7.35	228.00	3.53	109.00
Media anual	11.1	337	5.55	169
Total para el año	4050		2030	

Tabla 34: Energía producida y radiación solar incidente para 2,65 kWp de potencia (10 placas).

Fuente: Elaboración propia a través de la plataforma PV-GIS

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	260.0	334.3
Febrero	281.0	334.3
Marzo	373.0	334.3
Abril	363.0	334.3
Mayo	397.0	334.3
Junio	404.0	672.5
Julio	421.0	938.1
Agosto	403.0	865.7
Septiembre	344.0	624.1
Octubre	319.0	334.3
Noviembre	254.0	334.3
Diciembre	228.0	334.3

Tabla 35: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado y producida con 2,65 kWp (10 placas). Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia.

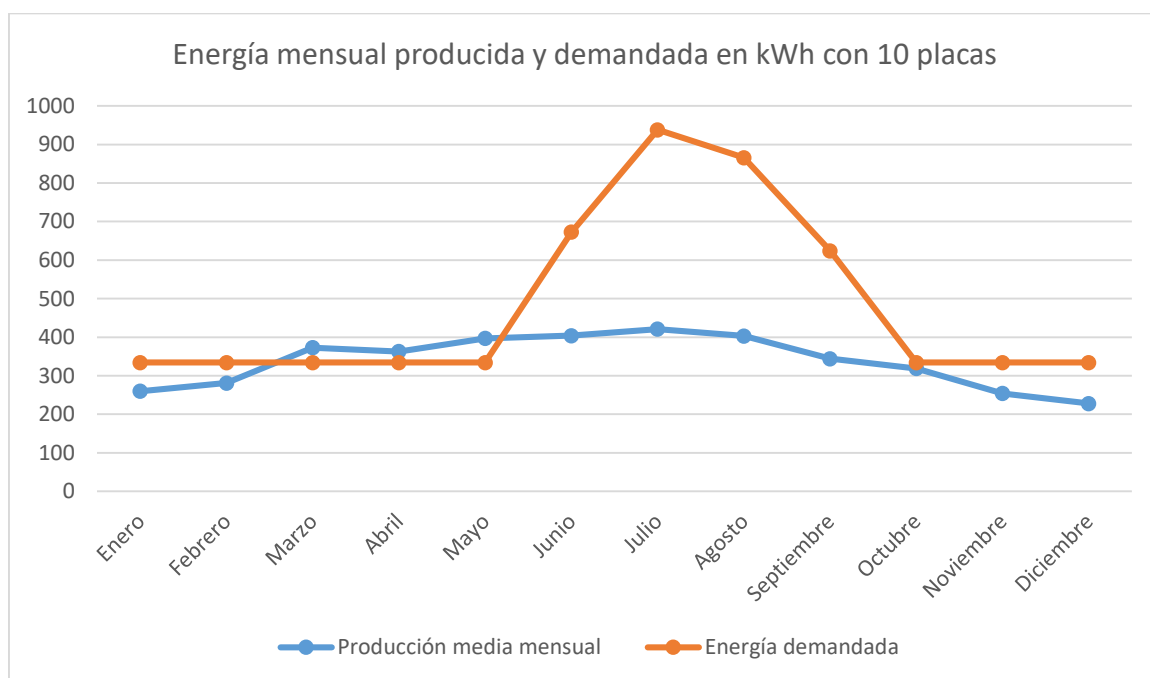


Figura 33: Gráfica de energía mensual producida con 10 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado. Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 35

Como se puede observar en la gráfica, en casi todos los meses del año la producción queda por debajo de la demanda, salvo entre los meses de marzo y mayo donde habría que verter energía a la red. Se ha disminuido en 2 el número de placas, es decir, se ha calculado la curva con 8 placas fotovoltaicas.

Se introduce en PV-GIS una potencia de 2,12 kWp para obtener:

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	6.70	208.00	3.99	124.00
Febrero	8.01	224.00	4.80	134.00
Marzo	9.63	299.00	5.90	183.00
Abril	9.67	290.00	6.01	180.00
Mayo	10.30	318.00	6.45	200.00
Junio	10.80	323.00	6.88	206.00
Julio	10.90	337.00	7.05	219.00
Agosto	10.40	323.00	6.77	210.00
Septiembre	9.18	275.00	5.88	176.00
Octubre	8.24	255.00	5.19	161.00
Noviembre	6.77	203.00	4.12	123.00
Diciembre	5.88	182.00	3.53	109.00
Media anual	8.87	270	5.55	169
Total para el año	3240		2030	

Tabla 36: Energía producida y radiación solar incidente para 2,12 kWp de potencia (8 placas).

Fuente: Elaboración propia a través de la plataforma PV-GIS

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	208.0	334.3
Febrero	224.0	334.3
Marzo	299.0	334.3
Abril	290.0	334.3
Mayo	318.0	334.3
Junio	323.0	672.5
Julio	337.0	938.1
Agosto	323.0	865.7
Septiembre	275.0	624.1
Octubre	255.0	334.3
Noviembre	203.0	334.3
Diciembre	182.0	334.3

Tabla 37: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado y energía diaria producida con 2,12 kWp (8 placas). Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia.

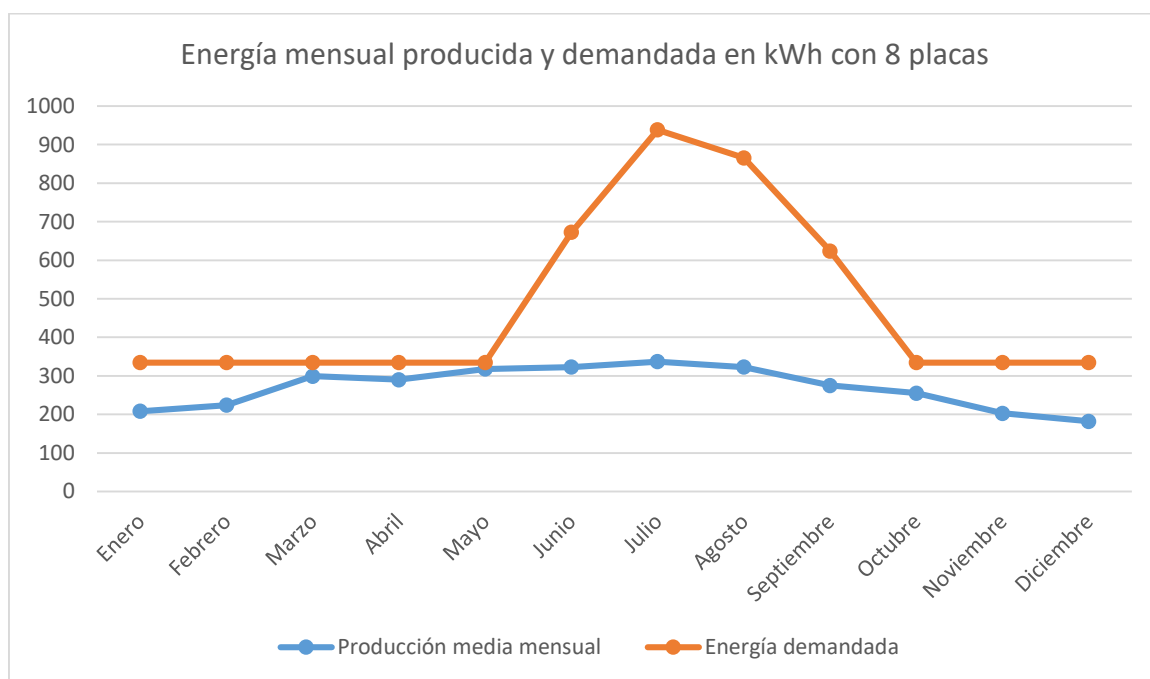


Figura 34: Gráfica de energía mensual producida con 8 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado. Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 37.

Ahora sí que se observa que la curva de la demanda queda totalmente por encima de la curva de producción eléctrica. Ambas gráficas coinciden en el mes de mayo, por lo que éste sería el mes más desfavorable ya que no está previsto el aire acondicionado para este mes. Por tanto, con esta curva de producción no se vertería energía a la red, por lo que en todos los casos habría aporte de energía de la red eléctrica. Los meses en los que más se necesitaría aporte de energía de la red eléctrica son los meses de verano, entre junio y septiembre, debido al alto consumo del aire acondicionado. El aporte de energía de la red eléctrica para cada mes sería el siguiente:

Mes	Demanda mensual (kWh)	Producción fotovoltaica	Energía consumida de la red
Enero	334.3	208.0	126.3
Febrero	334.3	224.0	110.3
Marzo	334.3	299.0	35.3
Abril	334.3	290.0	44.3
Mayo	334.3	318.0	16.3
Junio	672.5	323.0	349.5
Julio	938.1	337.0	601.1
Agosto	865.7	323.0	542.7
Septiembre	624.1	275.0	349.1
Octubre	334.3	255.0	79.3
Noviembre	334.3	203.0	131.3
Diciembre	334.3	182.0	152.3

Tabla 38: Energía producida y vertida a la red en kWh con 8 placas fotovoltaicas para cubrir demanda de electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado. Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia.

En cubierta, las placas quedarían distribuidas de la siguiente forma:

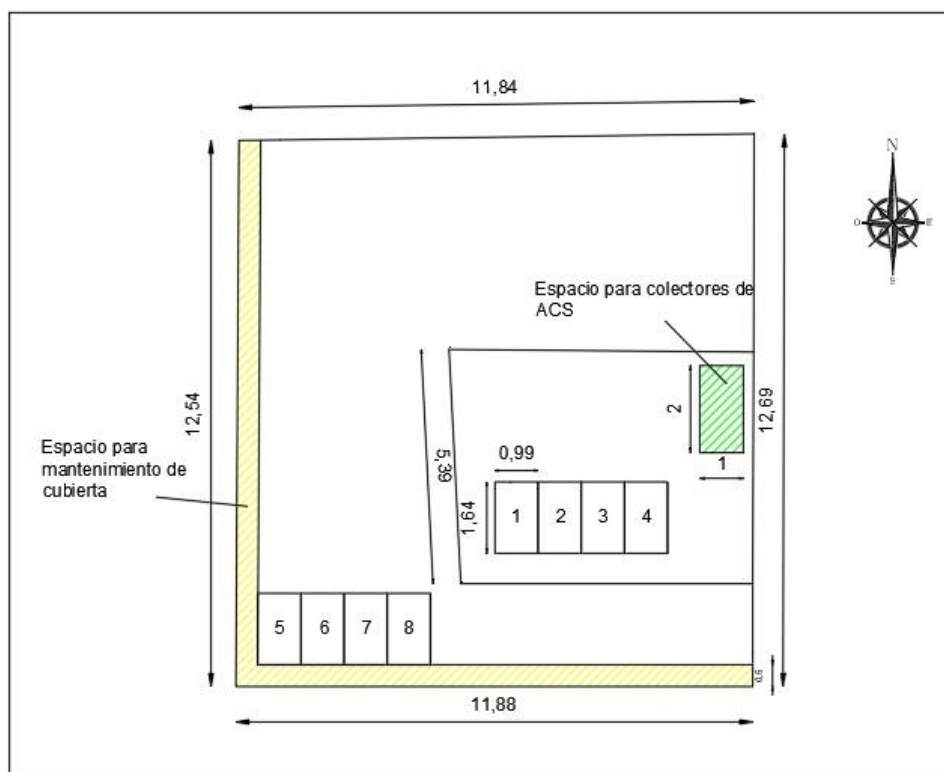


Figura 35: Distribución de placas fotovoltaicas en cubierta para la simulación B.2

Fuente: Elaboración propia.

Las placas se distribuirían con dos filas de 4 placas cada una. Unas se colocarían encima del torreón de la cubierta y las otras 4 se colocarían debajo del torreón separadas de éste.

5.4.3. SIMULACIÓN B.3: INSTALACIÓN DE ACS POR AEROTERMIA.

Para este supuesto, se ha realizado el mismo dimensionamiento que en el caso anterior. Es decir, partiendo de una demanda que ya se ha estimado previamente, se ha calculado el número de paneles fotovoltaicos necesarios para que la curva de demanda quede totalmente por encima de la curva de producción. Para ello se han introducido placas en PV-GIS hasta que se ha conseguido. La demanda de ACS que se tenía que cubrir por aerotermia con la bomba de calor Ariston NUOS EVO 110 era la siguiente:

Mes	Demanda mensual (kWh)
Enero	407.00
Febrero	399.00
Marzo	399.30
Abril	394.30
Mayo	389.90
Junio	381.30
Julio	380.00
Agosto	380.00
Septiembre	380.50
Octubre	389.90
Noviembre	397.20
Diciembre	403.50

Tabla 39: Demanda mensual de electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia para una vivienda en Sella (Alicante).

Fuente: Elaboración propia.

En la instalación aislada se necesitaban 18 placas fotovoltaicas para cubrir toda la demanda de la instalación. Para realizar un primer dimensionado, se han probado a introducir 8 placas fotovoltaicas en PV-GIS (2,12 kWp). Se obtiene la siguiente gráfica:

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	208.00	407.00
Febrero	224.00	399.00
Marzo	299.00	399.30
Abril	290.00	394.30
Mayo	318.00	389.90
Junio	323.00	381.30
Julio	337.00	380.00
Agosto	323.00	380.00
Septiembre	275.00	380.50
Octubre	255.00	389.90
Noviembre	203.00	397.20
Diciembre	182.00	403.50

Tabla 40: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia y producida con 2,12 kWp (8 placas). Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia

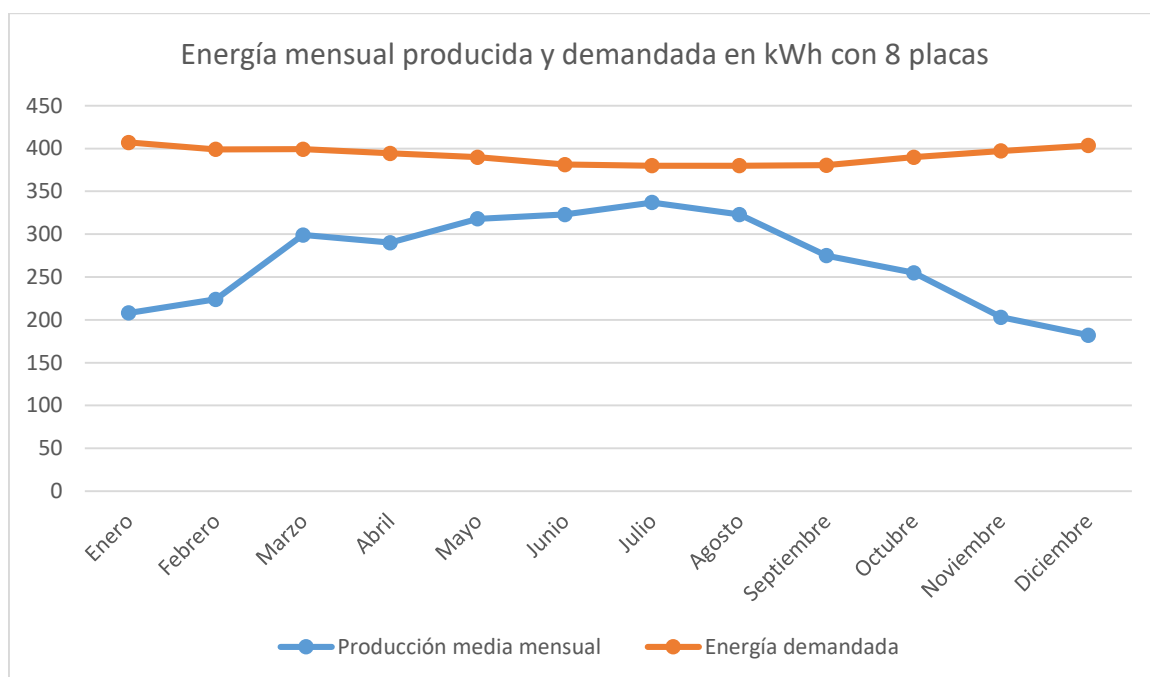


Figura 36: Gráfica de energía mensual producida con 8 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia. Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 40

En la gráfica se observa que con 8 placas fotovoltaicas instaladas, no se tiene vertido a la red en ningún momento del año, teniendo que recurrir a ésta más en los meses de invierno que en los meses de verano, al contrario que las otras gráficas. Esto se debe a la mayor demanda de ACS en los meses de frío, ya que la temperatura de consumo del agua es más elevada.

Como no se tiene un mínimo de placas a instalar, se ha realizado otro dimensionamiento con 9 placas fotovoltaicas, para comprobar si todavía quedaría toda la curva de producción por debajo de la curva de demanda, para, de esta forma, tener menos aporte de la red eléctrica. Se introducirá en PV-GIS una potencia de 2,385 kWp.

Sistema fijo: inclinación=34°, orientación= 0°				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	7.54	234.00	3.99	124.00
Febrero	9.02	252.00	4.80	134.00
Marzo	10.80	336.00	5.90	183.00
Abril	10.90	326.00	6.01	180.00
Mayo	11.50	358.00	6.45	200.00
Junio	12.10	364.00	6.88	206.00
Julio	12.20	379.00	7.05	219.00
Agosto	11.70	363.00	6.77	210.00
Septiembre	10.30	310.00	5.88	176.00
Octubre	9.27	287.00	5.19	161.00
Noviembre	7.62	228.00	4.12	123.00
Diciembre	6.62	205.00	3.53	109.00
Media anual	9.98	304	5.55	169
Total para el año	3640		2030	

Tabla 41: Energía producida y radiación solar incidente para 2,385 kWp de potencia (9 placas).

Fuente: Elaboración propia a través de la plataforma PV-GIS

Mes	Em (kWh)	Demanda mensual (kWh)
Enero	234.0	407.0
Febrero	252.0	399.0
Marzo	336.0	399.3
Abril	326.0	394.3
Mayo	358.0	389.9
Junio	364.0	381.3
Julio	379.0	380.0
Agosto	363.0	380.0
Septiembre	310.0	380.5
Octubre	287.0	389.9
Noviembre	228.0	397.2
Diciembre	205.0	403.5

Tabla 42: Energía mensual demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia y producida con 2,385 kWp (9 placas). Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia

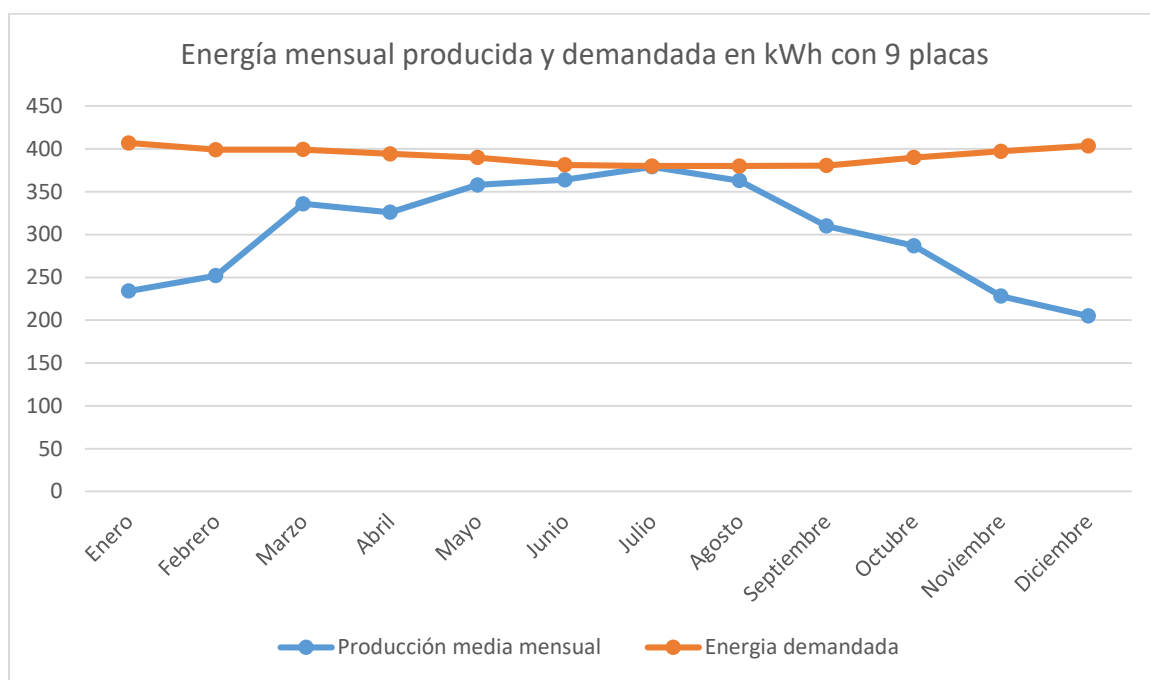


Figura 37: Gráfica de energía mensual producida con 9 placas fv. y demandada para electrodomésticos, iluminación y ACS por aerotermia. Instalación conectada a la red.

Fuente: Elaboración propia a través de la tabla 42.

Introduciendo 9 placas se observa que toda la producción todavía queda por debajo de la curva de demanda. Se observa también como en el mes de Julio que es el mes de menos demanda de ACS y, a su vez, el de máxima producción solar, la producción y la demanda coinciden en un punto, por lo que se instalarán un máximo de 9 placas solares fotovoltaicas para no verter energía a la red eléctrica.

Para cada mes del año se tendría el siguiente aporte de la red eléctrica:

Mes	Demanda mensual (kWh)	Producción fotovoltaica	Energía consumida de la red
Enero	407.0	234.0	173.0
Febrero	399.0	252.0	147.0
Marzo	399.3	336.0	63.3
Abril	394.3	326.0	68.3
Mayo	389.9	358.0	31.9
Junio	381.3	364.0	17.3
Julio	380.0	379.0	1.0
Agosto	380.0	363.0	17.0
Septiembre	380.5	310.0	70.5
Octubre	389.9	287.0	102.9
Noviembre	397.2	228.0	169.2
Diciembre	403.5	205.0	198.5

Tabla 43: *Energía producida y vertida a la red en kWh con 9 placas fotovoltaicas para cubrir demanda de electrodomésticos, iluminación y aire acondicionado. Instalación conectada a la red.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Y en cubierta, ésta distribución quedaría de la siguiente forma:

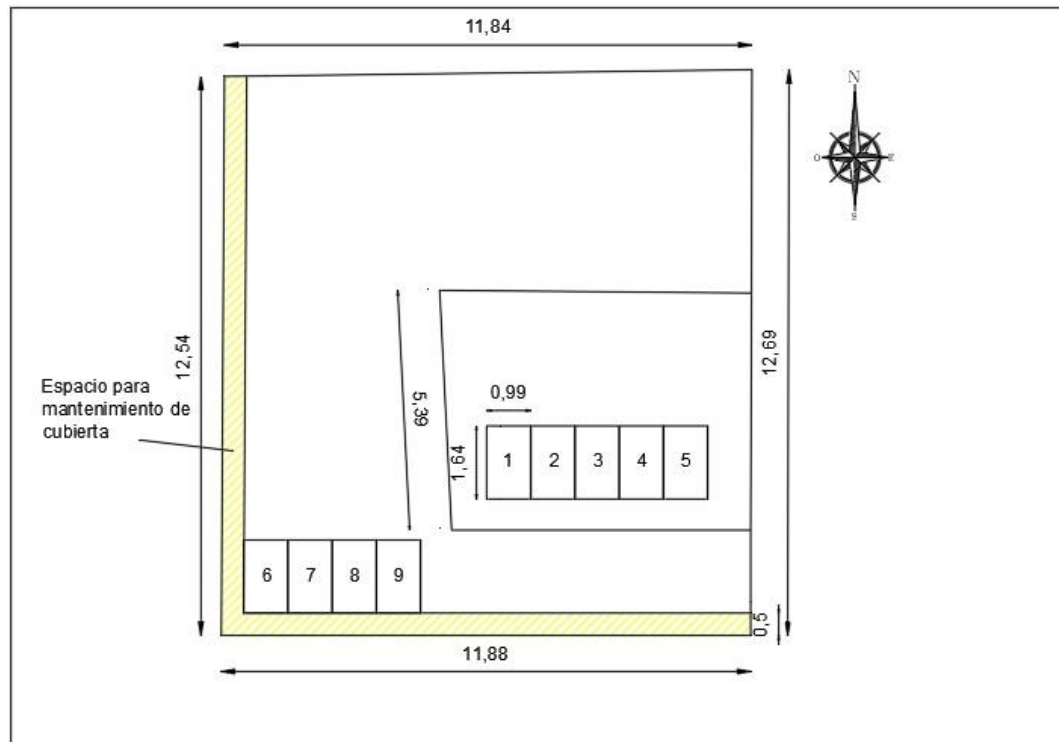


Figura 38: Distribución de las placas fotovoltaicas en cubierta para la simulación B.3.

Fuente: Elaboración propia.

5.5. TABLA RESÚMEN DE LAS SIMULACIONES.

Una vez realizadas todas las simulaciones, se han agrupado los resultados obtenidos en una tabla resumen.

Simulaciones	Demanda energética mensual (kWh/día)	Potencia instalada (kWp)	Energía media producida (kWh/mes)	Nº placas	Superficie ocupada (m2)
 AISLADA DE LA RED 					
A.1. Demanda lineal y ACS con aporte solar	334.30	4.24	540	16	26.03
A.2. ACS con aporte solar y A.A	938.10	6.10	776	23	37.41
A.3. ACS por aerotermia	407.00	4.77	607	18	29.28
 CONECTADA A LA RED 					
B.1. Demanda lineal y ACS con aporte solar (baterías)	334.30	1.56	202	6	9.76
B.1. Demanda lineal y ACS con aporte solar (sin baterías)	334.30	0.96	135	4	6.51
B.2. ACS con aporte solar y A.A	938.1	2.12	270	8	13.01
B.3. ACS por aerotermia	407.00	2.39	304	9	14.64

Tabla 44: Tabla resumen de los datos obtenidos en las simulaciones

Fuente: Elaboración propia

El agrupar los datos obtenidos en las simulaciones en una tabla sirve para poder comparar los resultados con más facilidad y así sacar unas conclusiones generales de lo estudiado.

6. ESTIMACIÓN ECONÓMICA.

De forma general, el autoconsumo puede llegar a suponer un ahorro en la factura energética a corto plazo por parte de los usuarios en todos los ámbitos, que puede llegar a ser incluso del 50 %, para, así cubrir la inversión inicial depositada en la instalación. Además, también se ahorra en la producción debido a que se reducen las pérdidas energéticas en la distribución de éstas, ya que el recorrido del cableado es más corto comparándolo con el de las redes de distribución y transporte, debido a que la electricidad se consume donde se genera.

En este año 2017, la Generalitat Valenciana, en concreto, la Consellería de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo, con ayuda del IVACE ha sacado una serie de ayudas para promocionar el autoconsumo y facilitar el desarrollo en la Comunidad Valenciana denominadas “*ayudas autoconsum E⁺*”.

Las ayudas aprobadas son básicamente para las instalaciones conectadas a la red, aunque en algunos supuestos, ya que éstas tienen un menor desarrollo actualmente y presentan las mayores dificultades para su instalación debido a la cantidad de trabas con la que se encuentran los usuarios. El objetivo es impulsar el autoconsumo para apoyar a particulares, empresas y administraciones con diferentes medidas fiscales y de financiación.

Una de las ayudas más destacadas es la deducción del IRPF (Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas) en un 20% en las viviendas particulares, que se viene aplicando desde enero de 2017. Esta deducción tiene como base máxima 8.000 euros y no se establecen límites máximos en las bases de tributación a la hora de determinar la base máxima anual de la deducción.

Realizadas las simulaciones, se ha realizado una estimación económica para la simulación de la instalación conectada a la red con demanda lineal y ACS con aporte solar sin baterías, en la que la producción fotovoltaica media mensual supone el 40% de la energía demandada. El análisis se ha realizado para esta simulación debido a que es la simulación más económica por el ahorro que suponen las baterías, además de que es la que menos potencia instalada tiene.

La ley establece con carácter general que el autoconsumo debe pagar peajes de acceso a redes, costes del sistema y costes para la provisión de los respaldos, pero también

prevé que el gobierno pueda establecer reducciones para los consumidores con potencia menor de 10 kW.

La ley 24/2013³² así lo contempla en el artículo 9.3:

“Todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico.”

“Para ello estarán obligados a pagar los mismos peajes de acceso a las redes, cargos asociados a los costes del sistema y costes para la provisión de los servicios de respaldo del sistema que correspondan a un consumidor no sujeto a ninguna de las modalidades de autoconsumo descritas en el apartado anterior.”

“El Gobierno podrá establecer reglamentariamente reducciones en dichos peajes, cargos y costes en los sistemas no peninsulares, cuando las modalidades de autoconsumo supongan una reducción de los costes de dichos sistemas”.

Y el Real Decreto-ley 9/2015³³, en su artículo 6, añade un párrafo más:

“Asimismo, de forma excepcional y siempre que se garantice la seguridad y la sostenibilidad económica y financiera del sistema, con las condiciones que el Gobierno regule, se podrán establecer reducciones de peajes, cargos y costes para determinadas categorías de consumidores de baja tensión de la modalidad de suministro con autoconsumo. En todo caso, tanto la potencia máxima contratada de consumo como la instalada de generación no serán superiores a 10 kW.”

El periodo transitorio durante el cual se aplican esas reducciones está establecido en la Disposición Transitoria primera, referente al régimen económico transitorio de aplicación al autoconsumo, del R.D. 900/2015, pero no especifica el tiempo que va a durar, ya que dice que será hasta que *“sean aprobados los cargos asociados a los costes del sistema”* y

³² Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-13645>

³³ Real Decreto-ley 9/2015, de 10 de julio, de medidas urgentes para reducir la carga tributaria soportada por los contribuyentes del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y otras medidas de carácter económico.

establece que los consumidores con modalidad de autoconsumo tipo 1 ($P < 10$ kW) estarán exentos del pago del cargo transitorio:

“1. Hasta que sean aprobados los cargos asociados a los costes del sistema, en desarrollo de lo previsto en el artículo 16 de la ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, la facturación de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución y cargos asociados a los costes del sistema de los sujetos acogidos a cualquiera de las modalidades con autoconsumo se realizará de acuerdo con esta disposición transitoria.”

“No obstante lo anterior, los consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo tipo 1 conectados en baja tensión cuya potencia contratada sea inferior o igual a 10 kW estarán exentos del pago del cargo transitorio por energía autoconsumida previsto en este apartado.”

Estos cargos, tanto fijos como transitorios, se regulan en el Anexo de la Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre³⁴ y están detallados en la circular informativa de la Federación Nacional de Empresarios de Instalaciones Eléctricas y Telecomunicaciones de España (FENIE), que se adjunta en el anexo 3 de este trabajo.

Para realizar la estimación económica de la simulación conectada a la red sin baterías, se han tomado como referencia los datos obtenidos de la página web de EnerAgen. En dicha plataforma, introduciendo los mismos datos anteriores para obtener las características de la instalación fotovoltaica, se obtiene también el ahorro anual obtenido, que sería:

- En periodo transitorio: 171,69 €/año.
- Después del periodo transitorio: 97,68 €/año.

Estos datos se obtienen a partir de aplicar los cargos transitorios de término de energía, potencia y alquiler de equipo de medida (I.V.A incluido). Además, también hay que tener en cuenta los costes de mantenimiento y un ratio medio de inversión de 1800 €/kWp (I.V.A excluido).

³⁴ Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2017, disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2016/12/29/pdfs/BOE-A-2016-12464.pdf>

- Término de energía:

$$5014,44kWh/año \times 0,142201€/kWh = 713,06 €/año$$

- Término de potencia:

$$5,373 kW \times 53,473506€/kW * año = 287,31€/año$$

- Alquiler equipo de medida: 12 €/año

- Costes de mantenimiento: 35 €/año

- Ratio de inversión:

$$1800€/kWp \times 1,06 kWp = 1908 € + (21\% I.V.A) = 2308,68 €$$

Por tanto, suponiendo que los cargos y costes se mantuvieran en el tiempo, aplicando el régimen de costes transitorios se necesitarían unos 13 años para amortizar la inversión. Si aplican los costes después del periodo transitorio el plazo se ampliaría hasta los 23 años. Teniendo en cuenta que estos son los plazos necesarios para la instalación más sencilla de todas las simuladas, para el resto de las instalaciones los plazos de amortización podrían superar la vida útil de las mismas. Por ello, si desde la Administración se quiere impulsar el autoconsumo en viviendas ($P < 10 kW$), es necesario que el régimen transitorio de costes se convierta en definitivo y que se promuevan ayudas como la impulsada por el IVACE en la Comunidad Valenciana.

7. CONCLUSIONES.

7.1. CONCLUSIONES GENERALES

Una vez estudiados los diferentes objetivos del trabajo se han sacado unas conclusiones generales al respecto. En lo referente al estudio y análisis de la normativa, se ha observado un contraste entre las directivas europeas referentes al fomento de energías renovables y a la eficiencia energética respecto a la normativa estatal de autoconsumo. Por una parte, las directivas europeas suponen un impulso, ya que están redactadas por consenso entre todos los países miembros, estableciendo una serie de objetivos mínimos obligatorios a corto-medio plazos, que pueden ser más restrictivos en función de lo que considere cada estado. Por otra parte, la normativa española referente al autoconsumo, ha sido todo lo contrario, ha supuesto un freno al autoconsumo, con algunas medidas como el pagar un impuesto por energía generada y autoconsumida, el conocido como “*impuesto al Sol*”, que afecta sobre todo a las PYMES, o el que no se pueda verter energía a la red eléctrica cuando se produce más energía de la que se gasta, para poder utilizarla cuando se necesita y en ese momento no está produciendo, en una cantidad equivalente a la cedida. Este concepto se denomina balance neto, y está introducido en muchos países como Francia, Alemania o Gran Bretaña.

No obstante, hay estamentos como la Generalitat Valenciana que están impulsando el autoconsumo con ayudas con el denominado “*ayudas autoconsum e+*” que ya se ha explicado anteriormente

Respecto a la integración fotovoltaica, una vez estudiadas las diversas posibilidades, se puede concluir que la integración presenta varios problemas en las viviendas unifamiliares entre medianeras de los pueblos mediterráneos. La mejor solución para integrar las placas fotovoltaicas es situarlas en las cubiertas, ya que, en fachada resulta casi imposible debido a la tipología de las calles, que son muy estrechas impidiendo que éstas puedan captar una gran cantidad de energía. Pero para integrar placas fotovoltaicas en cubierta habría que observar, en primer lugar, la inclinación y orientación de éstas, porque muchas de las cubiertas no tienen la inclinación y orientación óptimas para poder integrar las placas o tejas fotovoltaicas correctamente, y en segundo lugar, que la cubierta fuera lo suficientemente grande para poder abastecer todas las necesidades de una vivienda, ya que, las pérdidas por

integración son bastante importantes, por lo que se necesitaría más espacio en cubierta para poder cubrir las pérdidas. Es decir, para poder abastecer la demanda de una vivienda tipo, se tienen que dar estos dos factores.

En Sella, después de realizar una búsqueda observando las viviendas, solo se encontraron dos viviendas que cumplieran esas condiciones para poder realizar las simulaciones de cálculo, la vivienda escogida y la colindante, que, aunque no son la tipología de vivienda tipo, sí tienen espacio suficiente en cubierta para albergar una instalación fotovoltaica y, además, se pueden inclinar y orientar para obtener el máximo aprovechamiento posible.

De las simulaciones se pueden extraer muchas conclusiones. Se ve que obviamente, en las instalaciones conectadas de la red hacen falta prácticamente la mitad de placas que en la instalación aislada. La variación del número de placas fotovoltaicas necesarias para cubrir una demanda de electrodomésticos e iluminación y la misma añadiendo una bomba de calor para ACS por aerotermia es muy pequeña comparada con la instalación de un aparato de aire acondicionado en el supuesto de que la instalación fuera aislada de la red. En la instalación conectada a la red el número de placas fotovoltaicas en las tres simulaciones sería muy parecido, necesitando para la simulación del aire acondicionado mucho más aporte de red que en los otros supuestos.

En el primer supuesto para una instalación aislada de la red existe un exceso de producción que sólo puede ser aprovechado durante los meses de junio a septiembre en el caso de que existiera un aparato de aire acondicionado. Para poder cubrir toda la demanda de aire acondicionado el número de placas se tiene que aumentar de 16 a 23, que no resultaría viable económicamente, por lo que para cubrir el 100% de las necesidades de la vivienda lo recomendable sería estar conectado a la red, salvo que no exista posibilidad física de hacerlo. Ese exceso de producción podría utilizarse para otros servicios, como, por ejemplo, abastecer un vehículo eléctrico.

Una instalación conectada a la red resultaría más factible dado que representa un importante ahorro energético y supone una ocupación de unos 25 m² en cubierta aproximadamente, lo que hace que éste tipo de instalación sea más ventajoso para instalar en cualquier cubierta. Además, en el caso de que se quisiera instalar un aparato de aire acondicionado, el aumento de placas es mínimo, pasándose de 6 a 8 placas.

Observando el número de placas instaladas en cada simulación, resultaría interesante el sustituir la instalación solar de ACS por un sistema de aerotermia, debido a que el incremento de potencia necesario es mínimo y supone un ahorro en la instalación de captadores solares, así como su mantenimiento y la caldera de apoyo.

En cuanto a la opción de con o sin baterías, la opción sin baterías supone una importante reducción de costes, pero resulta necesario que los habitantes modifiquen sus hábitos para hacer coincidir los consumos con las horas de mayor producción. Esto se podría conseguir utilizando electrodomésticos con programación horaria, ya que los horarios laborales y escolares provocan que las mayores puntas de consumo se produzcan a partir de las 18:00 horas.

Observando todas las gráficas realizadas en los diferentes supuestos y simulaciones se podrían extraer varias ideas para que una instalación fotovoltaica fuera más eficiente. Una idea sería intentar reducir la potencia y consumo de la iluminación y los electrodomésticos. Esto se podría conseguir sustituyendo los electrodomésticos viejos por otros más eficientes que consuman menos, o en el caso de la iluminación sustituyendo las bombillas halógenas por bombillas de LED con un consumo por debajo de los 10 W y aprovechando al máximo las horas en las que se dispone de luz natural del exterior.

En el caso de las instalaciones aisladas de la red, el exceso de producción se podría aprovechar incorporando otros sistemas que utilicen energía eléctrica como bombas de calor por aerotermia o enchufes para la carga de vehículos eléctricos.

Respecto a realizar una estimación económica de una instalación fotovoltaica, cabe destacar la dificultad que esto conlleva, debido a que los costes de la electricidad varían constantemente con la normativa.

7.2. CONCLUSIONES SOBRE LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES.

Además de las conclusiones generales, también se han sacado unas conclusiones específicas acorde a los resultados obtenidos en las simulaciones de cálculo. Por lo que

respecta las simulaciones de una instalación aislada de la red, éste tipo de instalación sería más factible instalarla en una vivienda aislada por la gran cantidad de placas necesarias ya que una vivienda unifamiliar tipo de pueblo entre medianeras muy difícilmente dispone de espacio suficiente para cubrir toda la demanda.

Por otra parte, además del espacio que ocupan en cubierta, el instalar una instalación aislada aumenta el coste de ésta muy considerablemente, ya que, además del coste que suponen las placas fotovoltaicas, hay que añadir también el coste de las baterías.

En el supuesto de que sí se pudiera instalar una instalación aislada en una vivienda tipo, sería recomendable instalar un aparato de aire acondicionado y una instalación de ACS por aerotermia. Esto se debe a que, aprovechando que durante todo el año existe un superávit de producción, especialmente en los meses de verano, se podría acumular para cubrir dichas demandas.

Las instalaciones conectadas a la red eléctrica serían más recomendables para las viviendas tipo de pueblo mediterráneo debido principalmente a que ocupan bastante menos superficie en cubierta que una instalación aislada, además de tener un coste menor. El problema que tiene una instalación conectada a la red es que los excedentes no se pueden aprovechar, debido a la legislación vigente que lo penaliza, como ya se ha explicado.

En el caso de que se tuviera una instalación conectada, no valdría la pena aumentar el número de placas para instalar un aparato de aire acondicionado, debido a que, al estar conectada a la red, en el caso de que se quisiera instalar aire acondicionado, se podría coger energía de la red para cubrir la demanda. Lo que sí sería más recomendable es instalar más captadores para cubrir la demanda de ACS por aerotermia. De esta forma se eliminaría el espacio previsto para captadores de ACS. Este supuesto podría quedar abierto a debate, ya que habría que ver que podría ser más viable económicamente, si instalar más placas fotovoltaicas o mantener los captadores solares de ACS.

8. BIBLIOGRAFÍA.

AFEC. (n.d.). *AFEC Relación de Reglamentos*. Retrieved September 18, 2017 from <http://www.afec.es/es/resumen-directiva-28-2009.asp>

Antonio Barrero F. (2017). *el-mundo-ya-tiene-instalados-mas-de-20170425* @ www.energias-renovables.com. Retrieved from <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/el-mundo-ya-tiene-instalados-mas-de-20170425>

Arquitectónica, I., Energía, D. E. L. A., Javier, T. F., & González, N. (2016). *TFG - Arquitectura y energía fotovoltaica (ETSAM)* (Trabajo Fin de Grado). Retrieved from <http://oa.upm.es/39231/>

Autoconsumoaldetalle. (n.d.). *Autoconsumo al detalle _ ¿Cuánta energía consumes_*. Retrieved from <http://www.autoconsumoaldetalle.es/calcule-su-instalacion/>

AVAMET. (2017). *AVAMET MX Dades mensuals*. Retrieved September 9, 2017, from <http://www.avamet.org/mx-mes.php?id=c31m124e07&data=2017-09-07>

BajatelaPotencia. (2013). *La potencia*. Retrieved from <http://www.bajatelapotencia.org/la-potencia-que-necesitas/>

Bajo, C. (2010). *Consumo electrodomésticos*. Retrieved from http://images.eluniversal.com/2010/02/10/consumo_electrodomesticos.pdf

Bascuñana, S. B. (2016). *Estudio de la Eficiencia Energética de la instalación de Aerotermia mediante CERMA en una vivienda unifamiliar en el municipio de Rojas*.

Cambio Energético. (2015). *BREVE RESUMEN DEL RD 900/2015 DE AUTOCONSUMO*. Retrieved from <https://www.cambioenergetico.com/blog/breve-resumen-del-rd-9002015-autoconsumo/#>

-
- Cerdá Martínez, R., García, A., & Cartes, -Quismondo. (2012). *PROYECTO FIN DE GRADO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA INFERIOR A 10 KW DE APLICACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES*.
- Click Renovables. (2015). *Cómo calcular una instalación solar fotovoltaica en 5 pasos*. Retrieved from <http://www.clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>
- Click Renovables. (2016). *Real decreto de autoconsumo 900_2015*. Retrieved from <http://www.clickrenovables.com/blog/real-decreto-de-autoconsumo-9002015/>
- Comisión Europea. (2016). *Acuerdo de París / Acción por el Clima*. Retrieved from https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es
- Dólera, L. (n.d.). *ANÁLISIS DEL RD 900/2015 DE AUTOCONSUMO*. Retrieved from http://www.f2e.es/uploads/doc/20151204091955.01_unef_autoconsumo_in_out.pdf
- Ecoinventos. (2017). *Tejas solares fotovoltaicas, el futuro de la energía solar en viviendas*. Retrieved from <http://ecoinventos.com/tejas-solares-fotovoltaicas/>
- Ecoportal. (2016). AgroA -- Tejas solares fotovoltaicas, el futuro de la energía solar en viviendas. *Ecoportal.net*. Retrieved from <https://www.ecoportal.net/temas-especiales/energias/tejas-solares-fotovoltaicas-el-futuro-de-la-energia-solar-en-viviendas/>
- Electro Avilés. (2015). *content_df4 @ www.electroaviles.com*. Retrieved from http://www.electroaviles.com/ckeditor_assets/pictures/2655/content_df4.jpg
- Elena Sarachu. (2017). *El Tribunal Constitucional elimina las trabas al autoconsumo eléctrico compartido*. Retrieved from <https://www.caloryfrio.com/noticias/normativas/tribunal-constitucional-elimina-trabas-autoconsumo-electrico-compartido.html>

- factorenergia. (2016). *¿Cuánto consume el aire acondicionado_*. Retrieved from <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/cuanto-consume-aire-acondicionado/>
- Francisco Javier Esclapes. (2012). *Adaptabilidad de la energía solar fotovoltaica sobre fachadas urbanas*. (Doctoral dissertation). Retrieved from <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/44245>
- Generalitat de Catalunya. (2017). Retrieved from http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/AppJava/notapremsavw/301309/ca/govern-celebra-tribunal-constitucional-anulli-prohibicio-ciutadans-empreses-compartir-lelectricitat-generin-installacions-dautoconsum.do
- Generalitat Valenciana. (2017). *Autoconsum E+*. Retrieved from <http://autoconsumo.ivace.es/>
- González, Á. (2008). *Estudio de la Integración de la Energía Solar Fotovoltaica en la Edificación*. (Proyecto Final de Carrera). Retrieved from <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/5985#preview>
- Grupo ICE. (2011). *Guía para calcular el consumo de electricidad*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/cruizgaray/gua-para-calcular-el-consumo-elctrico-domstico>
- Haza, F. C. de la. (2014). UP THE GREEN!!_ INTEGRACION FOTOVOLTAICA EN EDIFICACION. Retrieved from <http://upthegreen.blogspot.com.es/2014/09/integracion-fotovoltaica-en-edificacion.html>
- Idae. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. Idae. Retrieved from http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Ju-lio_2011_3498eaaf.pdf

-
- Im, & AEmet. (2011). *Atlas Climático Ibérico - Iberian Climate Atlas*. Retrieved from <http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf>
- INARQUIA. (2017). *Las tejas solares, todo lo que tienes que saber* _ Inarquia. Retrieved from <https://inarquia.es/tejas-solares>
- Institute for Energy and Transport. (2012). *PV Potential Estimation Utility. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. Retrieved from <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- Instituto Nacional de Estadística. (2016). Instituto Nacional de Estadística. Retrieved from http://www.ine.es/buscar/searchResults.do?searchString=Sella+%28alicante%29&Menu_botonBuscador=Buscar&searchType=DEF_SEARCH&startat=0&L=0
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (2015). *Snapshot of Global Photovoltaic Markets*. Retrieved from http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2016__1_.pdf
- Kyoto, P. De. (2010). Resumen de la Directiva Relativa a la eficiencia energética de los edificios. Retrieved from http://www.afec.es/es/directivas/resumen_dir_2010_31_es.pdf
- Madrid Solar. (2010). Guía de Integración Solar Fotovoltaica. Retrieved from <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-integracion-solar-fotovoltaica.pdf>
- MADS, Osorio Zapata, E. M., ONU, (Organización de las Naciones Unidas), & IDEAM, PNUD, MADS, DNP, C. (2015). Convención Marco sobre el Cambio Climático - PARIS. *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>

- Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Protocolo de Kyoto*. Retrieved from <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Noticias Jurídicas. (n.d.). Home · Noticias Jurídicas. Retrieved from <http://noticias.juridicas.com/>
- Onyx Solar - Herramienta De Estimación De Producción Solar Fotovoltaica. (n.d.). Retrieved from <http://www.onyxsolar.com/es/herramienta-estimacion-produccion-solar-fotovoltaica.html>
- Onyx Solar. (2011). *Atrio fotovoltaico _ El Blog de Onyx Solar - Integración Fotovoltaica en Edificios (BIPV) y Green Building*. Retrieved from <https://edificacion-sostenible.wordpress.com/tag/atricio-fotovoltaico/>
- Onyx Solar. (2017). *fachada ventilada _ El Blog de Onyx Solar - Integración Fotovoltaica en Edificios (BIPV) y Green Building*. Retrieved from <https://edificacion-sostenible.wordpress.com/tag/fachada-ventilada/>
- Placed, C. I. (2013). *La integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos para captación de energía solar*, (Edición). Retrieved from http://aulagreencities.coamalaga.es/wp-content/uploads/2014/06/9.-Greencities2013-Comunicaciones_-Integración-arquitectonica-de-los-sistemas-fotovoltaicos.pdf
- Presidencia, G. de E. M. de la presidencia y para las administraciones territoriales. (n.d.). BOE. Retrieved from https://www.boe.es/diario_boe/
- Rincón Pajares. S; Álvarez Vivar. (2013). *Integración fotovoltaica en edificios*. Retrieved from <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/3252>
- Sánchez Pacheco, C. (2010). *Sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a viviendas residenciales en entorno urbano*. Retrieved from <http://dspace.unia.es/handle/10334/503>

-
- Sociedad, E. y. (2015). Real Decreto 900/2015. Retrieved from http://www.f2e.es/uploads/doc/20151204091955.01_unef_autoconsumo_in_out.pdf
- Solesco. (n.d.). Solesco. Retrieved from <http://www.solesco.com.co/index.php/component/content/article/12-destacados/52-que-es-fotovoltaica-2?Itemid=101>
- SunFields Europe. (n.d.). *Tutorial para calcular paneles solares necesarios para un sistema fotovoltaico*. Retrieved from <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/calcular-paneles-solares-necesarios/>
- tarifasgasluz. (n.d.). *Consumo de electricidad medio de una vivienda en España*. Retrieved from <http://tarifasgasluz.com/faq/consumo-electricidad-hogares/espana>
- Villapico. (n.d.). *Álbum - Google+*. Retrieved from <https://plus.google.com/photos/104450892910856604526/album/5685213374097870561/5685213928592728146>

ANEXO I: NORMATIVA DE REFERENCIA.

- **Normativa europea:**

- Recomendación (UE) 2016/1318 de la comisión de 29 de julio de 2016 sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores prácticas para garantizar que antes de que finalice 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo. (Vigente).
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. (Vigente).
- Directiva 2009/28/CE del parlamento europeo y del consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE. (Vigente).

- **Normativa estatal:**

- Real Decreto 564/2017, de 2 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.
- Pleno. Sentencia 68/2017, de 25 de mayo de 2017. Conflicto positivo de competencia 574-2016. Planteado por el Consejo de Gobierno de la Generalitat de Cataluña en relación con diversos preceptos del Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre (...). Competencias sobre energía: nulidad del precepto reglamentario que prohíbe la conexión de un generador a la red interior de varios consumidores; interpretación conforme del precepto relativo a la autorización de vertidos a la red de energía eléctrica por consumidores que implanten sistemas de ahorro y eficiencia. (Vigente).
- Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2017 (Vigente).

- Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se traspone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. (Vigente).
- Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas. (Vigente).
- Real Decreto-ley 9/2015, de 10 de julio, de medidas urgentes para reducir la carga tributaria soportada por los contribuyentes del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y otras medidas de carácter económico. (Vigente).
- Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 “*Instalaciones con fines especiales. Infraestructuras para la recarga de vehículos eléctricos*”, del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo. (Vigente).
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables. Cogeneración y residuos. (Vigente).
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. (Vigente).
- Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación. (Vigente).

-
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica (Vigente).
 - Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. (Vigente).
 - Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico. (Vigente).
 - Ley 3/2013, de 4 de junio, de creación de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (Vigente).
 - Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios (Vigente).
 - Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo, por el que se trasponen directivas en materia de mercados interiores de electricidad y gas y en materia de comunicaciones electrónicas y por el que se adoptan medidas para la corrección de las desviaciones por desajustes entre los costes e ingresos de los sectores eléctricos y gasista. (Vigente).
 - Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. (Vigente).
 - Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica. (Vigente).
 - Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. (Vigente).
 - Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. (Vigente).
 - Orden ITC/1857/2008, de 26 de junio, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2008. (Vigente).

- Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008. (Vigente).
- Resolución de 27 de septiembre de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la que se establece el plazo de mantenimiento de la tarifa regulada para la tecnología fotovoltaica, en virtud de lo establecido en el artículo 22 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo. (Vigente).
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. (Vigente).
- Real Decreto 871/2007, de 29 de junio, por el que se ajustan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2007. (Vigente).
- Real Decreto-ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético. (Vigente).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (Vigente).
- Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico. (Vigente).
- Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico. (Vigente).
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. (Vigente).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. (Vigente).
- Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a redes de transporte y distribución de energía eléctrica. (Vigente).
- Resolución de 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. (Vigente).

-
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. (Vigente).
 - Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. (Vigente).
 - Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica. (Vigente).
 - Real Decreto 2017/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el procedimiento de liquidación de los costes de transporte, distribución y comercialización a tarifa, de los costes permanentes del sistema y de los costes de diversificación y seguridad de abastecimiento. (Vigente).
 - Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. (Vigente).
-
- **Normativa autonómica:**
 - Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, por la que se determinan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015. (Vigente).
 - Orden de 10 de julio de 2008, de la Consellería de Infraestructuras y Transporte, de modificación de la Orden, de 6 de junio de 2008, por la que se establecen normas complementarias en la tramitación de inscripción de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red en el Registro de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica en Régimen Especial de la Comunitat Valenciana. (Vigente).
 - Decreto 177/2005, de 18 de noviembre, del Consell de la Generalitat, por el que se regula el procedimiento administrativo aplicable a determinadas instalaciones de energía solar fotovoltaica. (Vigente).
 - Corrección de errores del Decreto 117/2005, de 18 de noviembre, del Consell de la Generalitat, por el que se regula el procedimiento administrativo aplicable a determinadas instalaciones de energía solar fotovoltaica. (Vigente).

ANEXO 2: FICHAS TÉCNICAS.

- Ficha técnica del módulo fotovoltaico.

TM-Series

TM-P660255/265



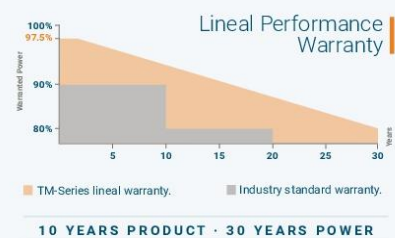
Tamesol
ENERGÍA PARA VIVIR

Polycrystalline Solar Panels

255-265W
Power Range

16.28%
Efficiency

0/+5W
Tolerance



Key Features



High PID resistant
TM-Series has proved resistance to degradation induced power.



Advanced glass
High transmission glass resulting in increased energy production.



High efficiency and durability
Manufacturing process certified, excellent performance under low light environments.

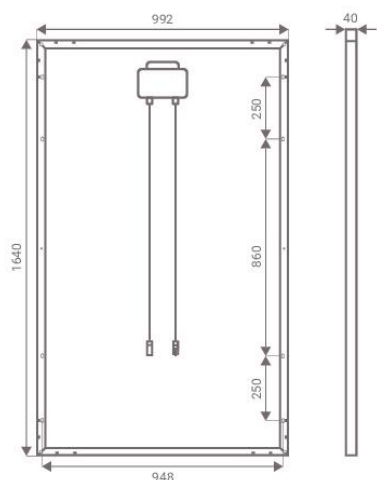


Robust and corrosion free modules
Certified to withstand the most challenging environmental conditions.

Where innovation for cost effectiveness becomes success.

TM-P660255/265

POLYCRYSTALLINE PV MODULES



GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions	1640x992x40 mm
Weight	19 Kg

PACKAGING

Modules per Pallet	26
N° pallets per HC Container 40'	28

The max capacity per container are 784 modules

TEMPERATURE RATING

NOCT	45 ± 2° C
Coefficient of (Pmax)	-0.47 %/°C
Coefficient of (Voc)	-0.34 %/°C
Coefficient of (Isc)	+0.045 %/°C

CERTIFICATIONS



IEC 6125, IEC 61730, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:27, PV Cycle, UL, MCS, PID, WEEE.

Caution:
To operate, install and manage Tamesol's modules, read the installation manual and use carefully.

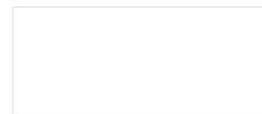
Observations:
This Datasheet is subject to change without notice due to continuous improvement of our products. You can find all records of the updates on our website www.tamesol.com or by contacting one of our sales staff. All rights reserved ©Tamesol ®



V7 - January 2017 - FO.901.V7 - Tamesol®

TMS PV MODULES AND SOLAR SYSTEMS SL
Verema Street, 19. Calonge (Girona) SPAIN
Tel: (+34) 932 20 00 74
info@tamesol.com
www.tamesol.com

Authorized Partner:



TM-Series

ELECTRICAL DATA

STC	TM P660255	TM P660260	TM P660265
Maximum Power at STC (Pmax)	255 W	260 W	265 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.46 V	30.56 V	30.71 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.37 A	8.51 A	8.63 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.01 V	37.22 V	37.46 V
Short Circuit Current (Isc)	9.07 A	9.23 A	9.37 A
Module Efficiency	15.67 %	15.98 %	16.28 %

Electric characteristics at normal standard conditions (STC)
STC Conditions: Irradiance: 1.000W/m², cell temperature: 25°C, AM=1.5

NOCT	TM P660255	TM P660260	TM P660265
Maximum Power at STC (Pmax)	186 W	189 W	193 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	27.83 V	27.92 V	28.05 V
Optimum Operating Current (Imp)	6.68 A	6.79 A	6.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	33.98 V	34.18 V	34.40 V
Short Circuit Current (Isc)	7.38 A	7.51 A	7.62 A

Electric characteristics at normal operation conditions (NOCT)
NOCT Conditions: Irradiance: 800W/m², ambient temperature: 20°C, AM=1.5, wind speed: 1m/s

OPERATIVE CONDITIONS

Power Tolerance	0/+5W
Max. System Voltage	1.000 V
Max. Series Fuse Rating	15 A
Operating Temperature Range	-40° C to 85 °C
Max. Static Load, Front (Snow)	5400 Pa
Max. Static Load, Back (Wind)	2400 Pa
Fire Rating	Class A

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar Cells	Polycrystalline silicon 156x156 mm
Cell Arrangement	60 cells in series
Front Cover	Low-iron tempered glass 3.2 mm
Frame	Anodized aluminum alloy
Encapsulant	EVA (ethylene vinyl acetate)
Junction Box	IP65
Bypass Diodes	3
Cables (length/area)	1000 mm / 4 mm²
Connectors	MC4

- **Ficha técnica del aparato de aire acondicionado.**

Especificaciones Técnicas



MSZ-SF25/35/42/50VE2



MUZ-SF25/35/42VE2



MUZ-SF50VE2



MODELO			MSZ-SF25VE2	MSZ-SF35VE2	MSZ-SF42VE2	MSZ-SF50VE2
Unidad interior			MSZ-SF25VE2	MSZ-SF35VE2	MSZ-SF42VE2	MSZ-SF50VE2
Unidad exterior			MUZ-SF25VE	MUZ-SF35VE	MUZ-SF42VE	MUZ-SF50VE
Refrigeración	Capacidad Nominal (Mín - Máx)	kW	2,5 (0,9 - 3,4)	3,5 (1,1 - 3,8)	4,2 (0,8 - 4,5)	5 (1,4 - 5,4)
	Consumo Nominal	kW	0,600	1,080	1,340	1,660
	EER (Rango)		4,17	3,24	3,13	3,01
	SEER (Rango)*		7,6 (A++)	7,2 (A++)	7,5 (A++)	7,2 (A++)
	Nivel sonoro U. int. Mín/Máx.	dB	19 - 42	19 - 42	26 - 42	28 - 45
Calefacción	Capacidad Nominal (Mín - Máx)	kW	3,2 (1 - 4,1)	4 (1,3 - 4,6)	5,4 (1,3 - 6)	5,8 (1,4 - 7,3)
	Consumo Nominal	kW	0,780	1,030	1,580	1,700
	COP (Rango)		4,10	3,88	3,42	3,41
	SCOP (Rango)* Zona climática intermedia		4,4 (A+)	4,4 (A+)	4,4 (A+)	4,4 (A+)
	SCOP (Rango)* Zona climática cálida		5,4 (A+++)	5,4 (A+++)	5,8 (A+++)	5,7 (A+++)
	Nivel sonoro U. int. Mín/Máx.	dB	19 - 45	19 - 46	26 - 47	28 - 49
Dimensiones	Diam. tuberías líquido/gas	mm	6,35 / 9,52	6,35 / 9,52	6,35 / 9,52	6,35 / 12,7
	Long. Máx. tubería vert/total	m	12 / 20	12 / 20	12 / 20	15 / 30
	U. interior alto x ancho x fondo	mm	299 x 798 x 195	299 x 798 x 195	299 x 798 x 195	299 x 798 x 195
	U. exterior alto x ancho x fondo	mm	550 x 800 x 285	550 x 800 x 285	550 x 800 x 285	880 x 840 x 330

* Rendimiento estacional según directiva ErP



Nuestros equipos de aire acondicionado y bombas de calor contienen los gases fluorados de efecto invernadero R410A, R407C y R134a.

Mitsubishi Electric Europe, B.V.
 Sucursal en España
 Crta. de Rubí, 76-80 Apdo. 420
 E-08174 Sant Cugat del Vallès (Barcelona)
 Tel. 902 400 744
www.mitsubishielectric.es



for a greener tomorrow

ECO Changes es la declaración medioambiental de Mitsubishi Electric, y expresa la posición del Grupo sobre la gestión medioambiental. A través de una amplia gama de negocios, Mitsubishi Electric contribuye a la consecución de una sociedad sostenible.




Edición 7'15
 11000000MSZSF2



En **Mitsubishi Electric** queremos colaborar con usted para preservar el **medio ambiente**. Por eso, le recomendamos que cuando este folleto ya no le sea útil, lo deposite en un contenedor de papel para reciclar



- Ficha técnica bomba de calor aire-agua.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	NUOS EVO 110	
	CAPACIDAD	Litros 110
	POTENCIA TÉRMICA MEDIA BC, AIRE A 20°C*	W 850
	POTENCIA ELÉCTRICA ABSORBIDA MEDIA BOMBA DE CALOR*	W 250
	COP AIRE A 7°C**	2,6
	COP AIRE A 20°C*	3,4
	TEMPERATURA MÁXIMA BOMBA DE CALOR	°C 62 (55 fábrica)
	TEMPERATURA DEL AIRE MÍN./ MÁX.	°C -5/42
	CANTIDAD MÁX. DE AGUA A 40°C EN EXTRACCIÓN ÚNICA	Litros 169
	TIEMPO DE CALENTAMIENTO, AIRE A 20°C*	h:min 6,3
	Potencia máx. absorbida, aire a 20°C*	W 1550
	NIVEL SONORO**	dB (A) 37 (35 con Silent)
	CAUDAL DE AIRE NOMINAL	m ³ /h 100-200
	VOLUMEN MÍNIMO DEL LOCAL (INST. SIN CONDUCTOS)	m ³ 20
	POTENCIA RESISTENCIA	W 1200
	TEMPERATURA MÁXIMA RESISTENCIA	°C 75 (65 fábrica)
	PRESIÓN MÁXIMA DE EJERCICIO	Bar 8
	PESO NETO	kg 55
	PROTECCIÓN IP	IP IPX4

*Datos expresados para una temperatura de calentamiento de 55°C y temp. agua fría de 15°C según la norma EN255-5

**A 1metro

ANEXO 3: CARGOS TRANSITORIOS APLICADOS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.



Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2017.

Estos cargos serán de aplicación desde el 1 de enero de 2017

1.- Peajes de acceso:

1.1.- Los peajes de acceso 6.1 B de alta tensión serán los previstos en el artículo 2 y anexo I de la orden IET/2735/2015, de 17 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2016 y se aprueban determinadas instalaciones tipo y parámetros retributivos de instalaciones de producción d energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

1.2.- Los peajes de acceso 6.1 A de alta tensión serán los previstos en el artículo 9 y el anexo I de la Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, por la que se determinan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015.

1.3.- Los peajes de acceso para las restantes categorías de peajes de acceso serán los previstos en el artículo 10 y el anexo I de la orden IET/107/2014, de 31 de enero, por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2014.

Según estos puntos, los peajes para cada categoría quedan como sigue:

- 2.0 A ($P_c \leq 10\text{KW}$)

Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
38,043426	0,044027

- 2.0 DHA ($P_c \leq 10\text{KW}$)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	38,043426	0,062012
2		0,002215

- 2.0 DHS ($P_c \leq 10\text{KW}$)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	38,043426	0,062012
2		0,002879
3		0,000886

- 2.1 A ($10 < P_c \leq 15\text{KW}$)

Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
44,444710	0,057360



- 2.1 DHA ($10 < P_c \leq 10 \text{ KW}$)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	44,444710	0,074568
2		0,013192

- 2.1 DHS ($10 < P_c \leq 10 \text{ KW}$)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de enregía (€/KWh)
1	44,444710	0,074568
2		0,017809
3		0,006596

- 3.0 A ($P_c > 15 \text{ KW}$)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	40,728885	0,018762
2	24,437330	0,012575
3	16,291555	0,004670

- 3.1 A (1 KW a 36 KW)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	59,173468	0,014335
2	36,490689	0,012754
3	8,367731	0,007805

- 6.1 A (1 KV a 30 KV)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	39,139427	0,026674
2	19,586654	0,019921
3	14,334178	0,010615
4	14,334178	0,005283
5	14,334178	0,003411
6	6,540177	0,002137

- 6.1 B (30 KV a 36 KV)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	31,020989	0,021822
2	15,523919	0,016297
3	11,360932	0,008685
4	11,360932	0,004322
5	11,360932	0,002791
6	5,183592	0,001746



- 6.2 (36 KV a 72,5 KV)

PERIODO	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	22,158348	0,015587
2	11,088763	0,011641
3	8,115134	0,006204
4	8,115134	0,003087
5	8,115134	0,001993
6	3,702649	0,001247

- 6.3 (72,5 KV a 145 KV)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	18,916198	0,015048
2	9,466286	0,011237
3	6,927750	0,005987
4	6,927750	0,002979
5	6,927750	0,001924
6	3,160887	0,001206

- 6.4 (> 145 KV)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	13,706285	0,008465
2	6,859077	0,007022
3	5,019707	0,004025
4	5,019707	0,002285
5	5,019707	0,001475
6	2,290315	0,001018

- 6.5 (conexiones internacionales)

Periodo	Termino de potencia (€/KW y año)	Termino de energía (€/KWh)
1	13,706285	0,008465
2	6,859077	0,007022
3	5,019707	0,004025
4	5,019707	0,002285
5	5,019707	0,001475
6	2,290315	0,001018

1.4.- Variación respecto a 2016

Los términos de potencia y energía activa no han variado respecto a los aplicables en 2016.



2.- Cargos asociados a los costes del sistema de aplicación a las diferentes modalidades de autoconsumo:

2.1.- Los precios de los cargos asociados a los costes del sistema y el cargo por otros servicios del sistema de aplicación según lo previsto en la disposición transitoria primera del Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo, serán los establecidos en el apartado 1 del anexo de la orden ETU/1976/2016.

2.2.- Los cargos variables transitorio por energía autoconsumida de aplicación en cada sistema eléctrico aislado de los territorios no peninsulares, calculados de acuerdo con la disposición adicional octava del Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, serán los establecidos en el apartado 2 del anexo de la orden ETU/1976/2016.

Según estos puntos, los peajes para cada categoría quedan como sigue:

- 2.0 A ($P_c \leq 10\text{KW}$)

Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
8,144129 (-6,2%)	0,043187 (-3,0%)

- 2.0 DHA ($P_c \leq 10\text{KW}$)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	8,144129 (-6,2%)	0,057144 (-2,3%)
2		0,006148 (-16,6%)

- 2.0 DHS ($P_c \leq 10\text{KW}$)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	8,144129 (-6,2%)	0,57938 (-2,2%)
2		0,006430 (-15,9%)
3		0,006112 (-16,8%)

- 2.1 A ($10 < P_c \leq 15\text{KW}$)

Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
14,545413 (-3,6%)	0,054883 (-2,3%)

- 2.1 DHA ($10 < P_c \leq 10\text{KW}$)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	14,545413 (-3,6%)	0,068081 (-0,8%)
2		0,015450 (-7,6%)

- 2.1 DHS ($10 < P_c \leq 10\text{KW}$)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	14,545413 (-3,6%)	0,068875 (-1,9%)
2		0,018220 (-6,6%)
3		0,011370 (-9,8%)

- 3.0 A ($P_c > 15\text{ KW}$)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	31,925550 (-0,5%)	0,020568 (-6,3%)
2	5,878730 (-5,4%)	0,013696 (-8,9%)
3	14,207985 (-0,3%)	0,008951 (-12,1%)

- 3.1 A (1 KW a 36 KW)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	35,952537 (-1,1%)	0,015301 (-8,4%)
2	6,717794 (-7,4%)	0,009998 (-12,4%)
3	4,985851 (-1,2%)	0,012035 (-9,3%)

- 6.1 A (1 KV a 30 KV)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	22,169359 (-1,4%)	0,011775 (-9,4%)
2	7,844864 (-2,6%)	0,011336 (-11,7%)
3	9,790954 (-0,8%)	0,007602 (-15,5%)
4	11,926548 (-0,4%)	0,009164 (-12,1%)
5	14,278122 (0,0%)	0,009986 (-10,9%)
6	4,882162 (-0,6%)	0,006720 (-15,5%)

- 6.1 B (30 KV a 36 KV)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	14,050921 (-2,1%)	0,011775 (-9,4%)
2	3,782129 (-5,3%)	0,008312 (-12,8%)
3	6,817708 (-1,2%)	0,007322 (-14,3%)
4	8,953302 (-0,5%)	0,008260 (-13,3%)
5	11,304876 (0,0%)	0,009403 (-11,5%)
6	3,525577 (-0,8%)	0,006349 (-16,2%)



- 6.2 (36 KV a 72,5 KV)

PERIODO	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	9,082012 (-2,5%)	0,012669 (-10,4%)
2	1,409534 (-11,0%)	0,011554 (-10,5%)
3	4,372144 (-1,5%)	0,007881 (-14,3%)
4	6,352856 (-0,5%)	0,008377 (-12,9%)
5	8,073738 (-0,0%)	0,008716 (-12,3%)
6	2,442188 (-0,9%)	0,006245 (-16,4%)

- 6.3 (72,5 KV a 145 KV)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	9,279523 (-1,8%)	0,015106 (-8,6%)
2	2,525841 (-5,1%)	0,012816 (-9,4%)
3	3,909548 (-1,4%)	0,008530 (-13,2%)
4	5,479569 (-0,5%)	0,008510 (-12,7%)
5	6,893947 (-0,0%)	0,008673 (-12,3%)
6	1,911493 (-1,2%)	0,006278 (-16,3%)

- 6.4 (> 145 KV)

Periodo	Cargo fijo (€/KW y año)	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh)
1	2,815509 (-6,5%)	0,011775 (-9,4%)
2	0	0,008531 (-13,6%)
3	1,718359 (-3,3%)	0,007322 (-14,3%)
4	3,457606 (-1,1%)	0,007788 (-13,8%)
5	4,990376 (0,0%)	0,008257 (-12,9%)
6	0,970612 (-2,4%)	0,006104 (-16,7%)

2.3.- Cargos transitorios por energía autoconsumida en los sistemas eléctricos aislados:

2.3.1.- Los precios de cada uno de los cargos transitorios por energía autoconsumida de aplicación a todos los sistemas eléctricos aislados del territorio no peninsular de la Comunidad Autónoma de Canarias y de las Ciudades de Ceuta y Melilla tomarán valor cero para cada categoría de peajes de acceso y periodos horarios.

2.3.2.- Los precios de los cargos variables transitorios por energía autoconsumida de aplicación al sistema eléctrico de la Comunidad Autónoma de Les Illes Balears serán los siguientes:



Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh) Mallorca-Menorca*

	Periodo1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A ($P_c \leq 10\text{KW}$)	0,041203 (+200,2%)					
2.0 DHA ($P_c \leq 10\text{KW}$)	0,057017 (+93,1%)	0,000215				
2.0 DHS ($P_c \leq 10\text{KW}$)	0,056900 (+93,4%)	0,001161				
2.1 A ($10 < P_c \leq 15\text{KW}$)	0,052898 (+108,1%)					
2.1 DHA ($10 < P_c \leq 10\text{KW}$)	0,067955 (+67,9%)	0,010197				
2.1 DHS ($10 < P_c \leq 10\text{KW}$)	0,067837	0,014393	0,003972			
3.0 A ($P_c > 15\text{KW}$)	0,020568	0,013484	0,001543			
3.1 A (1 KW a 36 KW)	0,015301	0,009998	0,004679			
6.1 A (1 KV a 30 KV)	0,011775 (+315,3%)	0,011336	0,007602	0,003815	0,001891	
6.1 B (30 KV a 36 KV)	0,011775	0,008312	0,007322	0,002911	0,001308	
6.2 (36 KV a 72,5 KV)	0,012669	0,011554	0,005352	0,001698	0,000589	

Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/KWh) Ibiza-Formentera*

	Periodo1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A ($P_c \leq 10\text{KW}$)						
2.0 DHA ($P_c \leq 10\text{KW}$)	0,003564					
2.0 DHS ($P_c \leq 10\text{KW}$)	0,003447					
2.1 A ($10 < P_c \leq 15\text{KW}$)						
2.1 DHA ($10 < P_c \leq 10\text{KW}$)	0,014502					
2.1 DHS ($10 < P_c \leq 10\text{KW}$)	0,014384					
3.0 A ($P_c > 15\text{KW}$)						
3.1 A (1 KW a 36 KW)						
6.1 A (1 KV a 30 KV)						
6.1 B (30 KV a 36 KV)						
6.2 (36 KV a 72,5 KV)						



*Los consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo tipo 1 conectados en baja tensión cuya potencia contratada sea inferior o igual a 10 KW estarán exentos del pago del cargo transitorio por energía autoconsumida.

2.4.- Variación respecto a 2016:

2.4.1.- La variación de cada valor respecto al de aplicación en el año 2016 aparece entre paréntesis junto a cada valor en las tablas correspondientes.

Los valores 0,0% indican que la variación ha sido menor que 0,1%.

Los valores sin indicador de variación tomaban el valor 0 para el año 2016.

2.4.2.- Observaciones:

En los precios para el sistema peninsular, se produce un descenso de precios en todos los valores, siendo la menor bajada inferior al 0,1% y la mayor del 16,7%.

Las mayores bajadas, porcentuales se dan en el cargo transitorio por energía autoconsumida para las categorías de alta tensión.

Para los sistemas eléctricos aislados del territorio no peninsular de la Comunidad Autónoma de Canarias y de las Ciudades de Ceuta y Melilla, los cargos por energía autoconsumida toman valor cero para cada categoría de peajes de acceso y periodos horarios, al igual que en 2016.

En cuanto al sistema eléctrico de la Comunidad Autónoma de Les Illes Balears, se incrementan notablemente los precios de los valores de 2016 (hasta un 315,3%) y algunos que tenían valor 0, dejan de tenerlo.

3.- Componentes asociados a otros servicios del sistema:

Componente	Precio (€/KWh)
Retribución operador del mercado	0,000025 (0,0%)
Retribución operador del sistema	0,000109 (0,0%)
Servicio de interrumpibilidad	0,002000 (+5,3%)
Servicios de ajuste	0,003210 (-29,1%)

3.1.- Variación respecto a 2016:

La variación de cada valor respecto al de aplicación en el año 2016 aparece entre paréntesis junto a cada valor en las tablas correspondientes.

Los valores 0,0% indican que el valor al que acompaña no ha variado respecto al de 2016.